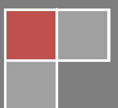
Zamin Azmoon Group

زمین شیمی

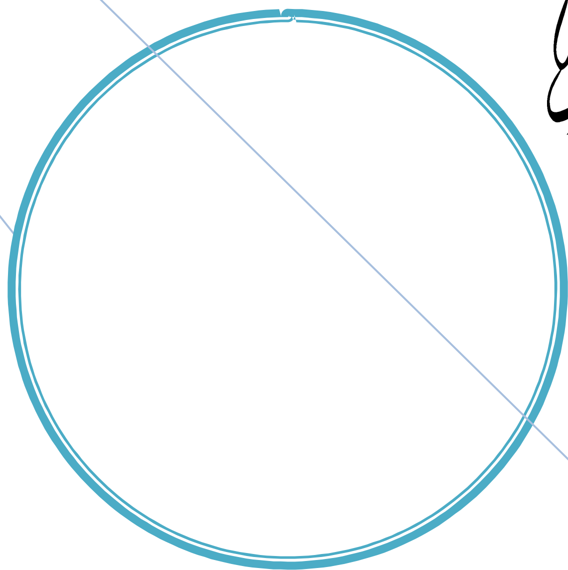
آمادگی آزمون کارشناس‌ارشد و دکتری زمین‌شناسی

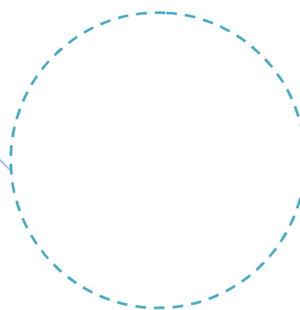
گروه آموزشی و پژوهشی زمین آزمون

Dr. Ramin Samadi
www.zaminazmoon.com



بسم الله الرحمن الرحیم









ژئوشیمی

جزوات آمادگی آزمون کارشناسی‌ارشد زمین‌شناسی

تألیف: گروه زمین آزمون

بسمه تعالی

پیامبر خدا (صلی الله علیه و آله و سلم) فرمودند:

هرگاه مؤمن یک برگه که روی آن علمی نوشته شده باشد از خود بر جای گذارد، روز قیامت آن برگه پرده میان او و آتش می شود و خداوند تبارک و تعالی به ازای هر حرفی که روی آن نوشته شده، شهری هفت برابر پهناورتر از دنیا به او می دهد.

سلام علیکم؛

ایزد دانا را سپاس می گوییم که ما را یاری بخشید تا بتوانیم در زمینه تحقق آرمان های علمی و میهنی خویش، گامی دیگر برداریم. «زمین آزمون» با هدف ایجاد بانک اطلاعاتی جزوات آمادگی آزمون کارشناسی ارشد و دکتری زمین شناسی و نیز کمک به دانشجویان و محققین این رشته در سال ۱۳۸۶ آغاز به فعالیت نمود. در این راه استادان و دانشجویان و پژوهشگران محترمی با هم فکری خود به ما یاری رسانده اند که اگر این هم فکری و کمک ها نبود شاید این مهم ناتمام می ماند.

اکنون به پاس ۱۰ سال تلاش صادقانه گروه آموزشی و پژوهشی زمین آزمون، هزاران امید و تلاش به ثمر نشسته است و فرهیختگان بسیاری همراه ما با موفقیت در دوره های کارشناسی ارشد و دکتری زمین شناسی تحصیل نموده اند. برای پاسداشت علم و ترویج علم مقدس زمین شناسی، گروه زمین آزمون کلیه جزوات آمادگی آزمون کارشناسی ارشد و دکتری زمین شناسی خود را به صورت وقف عام به همه فرهیختگان جامعه علمی زمین شناسی ایران تقدیم می نماید. شایسته است از زحمات آقای مهندس مجتبی رجبی، خانم دکتر نرگس شیردشت زاده، خانم مهندس بیترا محمودزاده، آقای مهندس رسول صادقی و دیگر بزرگواران تقدیر گردد. بی گمان این مجموعه از کاستی ها و نواقص احتمالی مبری نیست ولی می تواند مسیری روشن را پیرامون داوطلبان محترم و پژوهشگران گرامی بگشاید. پیروزی و موفقیت شما را در تمامی آزمون های زندگی آرزومندیم.

مدیر گروه مؤلفین زمین آزمون

دکتر رامین صمدی

ژئوشیمی

مقدمه

ژئوشیمی:

این علم با توزیع و مهاجرت عناصر شیمیایی در درون زمین و در ابعاد زمان و مکان سر و کار دارد. علم توزیع عناصر در جهان، فضا شیمی (Cosmochemistry) نامیده می شود. هدف کلی این علم توصیف و توجیه چگونگی مهاجرت عناصر و تفریق عناصر و فرآیندهای مربوط به آن است حال چه در کیهان و چه در یک ماگما می باشد.

از پایه گزاران اصلی علم ژئوشیمی مدرن می توان Clarke و پس از او Gold Schmidt (ترکیب پوسته زمین) و vernadsky را می توان نام برد.

پوسته زمین موضوع اصلی مطالعات ژئوشیمی است و واکنش هایی که در آن رخ می‌دهند به سادگی تحت ۳ عنوان تقسیم بندی کرده اند.

۱- واکنش هایی که بین اجزایی اصلی خود زمین صورت می گیرد.

۲- واکنش های ناشی از لایه ی نازک آبگین

۳- واکنش های تولید شده بوسیله اتمسفر

وظایف اصلی ژئوشیمی را می توان:

۱- تعیین فراوانی نسبی و مطلق عناصر و انواع اتمی (ایزوتوپها) در زمین

۲- مطالعه توزیع و مهاجرت هر یک از عناصر در بخشهای مختلف زمین

* مطالعات ژئوشیمیایی دقیق توزیع عناصر در سطح زمین نقش مهمی در اکتشاف کانسارها دارد.

* موزلی نشان داد که بین طیف های اشعه X و اعداد اتمی عناصر همبستگی دارد.

* فرآیند تکامل تا پیدایش اکسیژن به کندی پیش رفته است. در این نقطه، فرآیند تکامل بیشترین انرژی خود را به نمایش گذاشته است و در ورای آن عناصری که اکسید های پایدار می سازند، ساده تر از سایر

عناصر و به بیشترین مقادیر تشکیل شده اند. بر این مبنا کمبود عناصر دارای عدد اتمی بزرگتر از آهن قابل درک است.

* گلدشمیت و همکاران قوانین کلی اداره کننده توزیع عناصر در مواد بلورین را پایه ریزی کردند.

* اکثر پیشرفت های ژئوشیمی را می توان ناشی از پیشرفت تکنیک های تجزیه ای دانست.

* دو ژورنال معتبر ژئوشیمی عبارتند از: Geochimica et, Cosmochimica Acta

زمین در ارتباط با کیهان:

کهکشان راه شیری با قطری معادل ۷۰۰۰۰ سال نوری است منظومه شمسی در جایی در اواسط این کهکشان جای دارد. برای اینکه کره زمین یک دور به دور کهکشان راه شیری بزند ۲۲۵ میلیون سال طول می کشد.

*نزدیکترین سحابی به زمین آندرومدا با فاصله تقریبی $10^{6}\times$ ۱/۷۵ سال نوری است.

طیف نوری سحابی های فرا کهکشانی در خطوط تشکیل دهنده‌ی طیف ها، به طرف انتهای سرخ طیف جابجایی نشان می دهد، مقدار این جابجایی سرخ، با فاصله سحابی ها متناسب است؛ که به اثر دوپلر معروف است

*اثر دوپلر ناشی از دور شدن سحابی ها با سرعتهایی تقریباً متناسب با فاصله ی آنها تلقی می کنند.

سن کیهان:

سن منظومه شمسی را ۶ Ga در نظر می گیرند. در حالی که قدیمی ترین سنگهای سطح کره زمین حدود ۳,۷Ga می دانند. ولی سن زمین بیشتر از این و حدود Ga۴,۶ در نظر می گیرند. منظومه شمسی یک سیستم بسته است و ترکیب عنصری آن از زمان تشکیل تاکنون به جزء در موراد کاهش ناشی از تبدیل هیدروژن به هلیوم و دیگر واکنش های هسته ای خورشیدی و نیز واپاشی عناصر رادیو اکتیو تغییری نکرده است.

* سن عناصر از زمانی محسوب می شود که سری های رادیواکتیو تماماً از عناصر مادر تشکیل شده بودند.

* نیمه عمر U^{238} و U^{235} تقریباً مشابه با عناصر پایدار بیسموت و جیوه است.

* به دلیل کوتاه بودن نیمه عمر عناصر Np, Cm زمان تشکیل هر یک از این هسته ها چند صد میلیون سال پیش بوده بنابراین آنها توانسته اند تا زیر سطح آشکار سازی دچار واپاشی شوند.

* در ابتدای امر مقدار U^{238} و U^{235} یکسان بوده اند ولی چون نیمه عمر U^{235} کمتر است زودتر از بین می روند و نسبت حال آنها ۱:۱۳۸ است

* از میان ایزوتوپ های سرب تنها ایزوتوپ ^{204}Pb رادیوژن نمی باشد و مقدار کنونی آن با مقدار اولیه آن در زمان تشکیل برابر است.

* در ترکیباتی که اورانیوم و سرب با هم وجود داشته باشند ترکیب ایزوتوپی سرب در طول زمان زمین شناسی دچار تغییراتی فزآینده شده است؛ و مقدار ایزوتوپهای رادیوژن سرب نسبت به ایزوتوپ ^{204}Pb افزایش یافته اند.

* شهاب سنگها (شخانه ها) نمونه های جالبی هستند که نشان می دهند ترکیبات ایزوتوپی سرب رادیوژن به ایزوتوپ غیر رادیوژن افزایش یافته است

* شهاب سنگهای آهنی فاقد اورانیوم می‌باشند و مقدار ناچیز سرب بالاترین مقدار نسبی ^{204}Pb را در هر ماده طبیعی نشان می دهد.

* سن شهاب سنگها ۴٫۶ میلیارد سال تعیین شده، این سن از طریق سن بر روی شهاب سنگهای سنگی به روش روبیدیم- استرانسیوم تایید شده است. این زمان همان جدا شدن شهاب سنگهای آهنی از سنگی است.

* قدیمی ترین سنگ در آمریکای شمالی با سن ۳۷۰۰ میلیون سال پیش می باشد.

* فاصله چند صد میلیون ساله‌ی سن زمین و قدیمی ترین سنگهای پوسته ظاهراً صرف تکوین پوسته‌ای قاره ای نسبتاً پایدار شده است.

اجزاء منظومه شمسی:

خورشید، سیارات داخلی و خارجی، ستاره های دنباله دار، شخانه ها، شبه سیاره ها از تشکیل دهنـده هـای این مجموعه اند.

خورشید ۹۹,۹۸٪ کل جرم منظومه شمسی را دربردارد. ۲٪ گشتاور زاویه ای در خورشـید اسـت و بقیـه در سیارات این منظومه است. این نشان از ساکن بودن خورشید است. مدارهای اکثر سیارات در یک سطح است و همه آنها دارای جهت دوران انتقالی (بجز زهره و اورانوس) با حرکت وضـعی سـیارات (جهـت آن) یکسـان است، که نشان از وجود فرآیندی یکسان در تشکیل همه اینهاست.

* فاصله بین سیارات دارای نظم خاصی است که از قانون باد پیروی می کند.

* بخش اصلی ممان زاویه ای منظومه شمسی در سیارات آن مجتمع شده است.

* فاصله زمین از خورشید برابر ۱۰ می باشد و فاصله ۲۹ فضای خالی بین سیارات داخلی و خارجی است که توسط سیارکها پر شده است.

* ترکیب اصلی اتمسفر سیارات خارجی توسط H, He, CH_4, NH_3 پر شده است.

* اتمسفر خورشید از دو گاز H, He تشکیل شده است.

* فراوانترین گازهای موجود در اتمسفر زمین شامل N_2, O_2, CO_2, H_2O می باشد.

فراوانترین عناصر در جهان شامل H, He, O, C, Ne, N می باشند.

تئوریهای تشکیل منظومه شمسی

۱- تئوری بافن (Buffen):

یک سحابه خورشیدی اولیه وجود داشته است و برخورد یک ستاره به این سحابی باعث پراکنده شدن آن و درست شدن منظومه شمسی شده است.

۲-تئوری کانت:

سحابه خورشیدی اولیه‌ای وجود داشته که این ابر در بخش های مختلف هموژن نبوده است و نقاط پر چگال تری در آن وجود داشته است که به عنوان محلی برای تجمع ماده عمل کرده و سیارات را در مرکز تشـکیل داده است.

۳-نظریه لاپلاس:

نظریه کانت را کامل کرد و یک سحابه غیر هموژن در حال دوران که حلقه هایی از گاز از آن جدا شـده کـه باعث ایجاد و تشکیل منظومه شده است.

ماکسول در رد این ادعا سوالی مطرح کرد که چه مکانیزمی حلقه های گـاز را بـه صـورت سـیارات در آورده است.

۴-تئوری فون ویتسکر:

یک سحابه خورشیدی اولیه وجود داشته که شروع بـه دوران می‌کنـد و جـرم در مرکـز آن جمـع می‌شـود. حلقه‌هایی از این سحابه جدا و دور از مرکز می‌شود و به تدریج سیالات را بوجود می‌آورند. درست است که با این تئوری گشتاور زاویه‌ای را نمی‌توان توجیه کرد ولی با عبور از مرکز به کنار، کاهش دما را داریـم کـه در مرکز گازهای پر فشار و دما خورشید و در اطراف، موادی که زود از حالت گازی خارج شده و عناصر سبکتر و مواد فرار بر اثر گرادیان حرارتی و کاهش دما باعث اجتماع آنها در حواشی سحابه می‌شود.

از نظریات جدیدتر می‌توان به نظریه هویل اشاره کرد. در جهان منظومه‌هایی است که دو ستاره بـه دور هـم می‌چرخند که یکی ثابت و دیگری به دور آن می‌چرخد. بر طبق نظریه هویل در منظومه شمسـی هـم ایـن چنین بوده و ستاره متحرک منفجر شده و از بین رفته و مواد حاصل از انفجار که بخش عمـده‌اش اسـت در کهکشان پخش و بخش کوچکی از آن جذب و ستاره و خورشید را بوجود آورده است و دیگری هم منفجر و سیارات را بوجود آورده‌اند.

* سیارات داخلی بزرگتر مانند زمین در ضمن تجمع بیشاز سیارات کوچکتر مریخ، ترکیبات غنی از مواد فرار را به خود جذب کرده اند.

* ستاره های دوتایی و دارای ممان زاویه ای بزرگی هستند و ستاره های کوچکتر ممان زاویه ای کوچکتری دارند.

نکات ترکیب شیمیایی جهان، خورشید، ستاره ها و شهاب سنگها:

*ترکیب شیمیایی جهان از بررسی طیف خورشید، ستاره ها و شهاب سنگها بدست آمده است.

* تکنتیوم عنصری است که به خاطر نیمه عمر کوتاهش در زمین تشخیص داده نشده اما در طیف بعضی از ستاره ها مشاهده شده است.

* فراوانترین عناصر در خورشید به ترتیب عبارتند از: H, He, O, C, N

*عطارد فاقد اتمسفر می باشد و از لحاظ چگالی مشابه زمین است.

* ترکیب اتمسفر زهره از دی اکسید کربن و ازت بوده و فشار سطحی آن ۹۳ برابر زمین می باشد.

* کلاهکهای منجمد قطبی در مریخ دیده می شود. اندازه و جرم این سیاره نشان می دهد که ترکیب کلی آن احتمالاً مانند زمین است.

* سیاره مانند ها (آستروئیدها) از نظر ترکیبی مشابه کندریت های کربن دار می باشند.

ترکیب شخانه‌ها:

اساساً از آهن، نیکل و یک فاز سیلیکاته بیشتر OL یا PX، کانی سولفید آهن ترولیت و یا مخلوطی از اینها تشکیل شده اند.

شهاب سنگها از نظر زمین شناسی

شهاب سنگهای آهنی (سیدریت‌ها):

۹۸٪ آلیاژ آهنی و نیکل و FeS (که در زمین وجود دارد) و ترکیبی از فسفر و آهن و غبار و ... دیده شده است؛ و دارای کانیهای فرعی ترولیت، شری برسیت، گرافیت، دابریلیت، کوهینیت و کرومیت می باشند. در سیدریتها ساختمانی دیده شده که به آن ویدمن اشتاتن گویند. در مقاطع صیقلی کاماسیت و تئانیت این ساختار را بوجود می‌آورند که نشان از سرد شدن در زمان خیلی طولانی است.

رنگ قهوه‌ای و شکل فلسی دارد (که هنگام عبور از جو زمین به این شکل در آمده‌اند). دارای ترکیبی مشابه هسته زمین دارند. کاماسیت N ۰/۰۶ و تئانیت ۳۰٪ نیترون دارد.

* اوکتاهدریت ها، هگزاهیدریتها و آتاکسیتها از انواع شخانه های آهنی می باشند.

شهاب سنگهای سیدرولیت (سنگی آهنی):

دارای ۵۰٪ فلز و ۵۰٪ سیلیکات هستند که خود به دو گروه تقسیم می شوند.

I. فاز پیوسته آهن نیکل و دانه‌های اولیوین را در بر می‌گیرند (پالاسیت).

II. فاز ناپیوسته فلزی آهن و نیکل که علاوه بر اولیوین، Px و Pl هم است (مزوسیدریت)

سنگی‌ها (آئرولیت):

شهاب سنگهایی که بخش عمده آن از سیلیکات است. شناسایی آنها روی زمین مشکل چون ظاهر سیلیکاتها را دارند. البته اثر ذوب شدگی و فلس دیده می شود. از مهمترین آنها کندریت‌ها هستند که از دانه‌های کندرول (دانه‌هایی از جنس OL و PX هستند) تشکیل شده است.

برخی دیگر کربن دارند (کندریت‌های کربن‌دار) که خیلی شبیه کربن آلی است که در برخی تا حدود ۱۰٪ کربن وجود دارد. (که کربنها در ثر فشار زیاد بوجود آمده‌اند).

ترکیب متوسط کندریت ها شامل ۴۰OL٪ و ۳۰ PX٪ و ۲۰-۵ آهن و نیکل و ۱۰٪ پلاژیوکلاز و ۶٪ ترولیت هستند.

کندریت های کربن دار تا ۱۰٪ وزنی خود دارای ترکیبات آلی هستند.

گروه دیگر آکندریت‌ها هستند و فاقد کندرل و بلورین هستند و از نظر ترکیب و بافت مشابه سنگهای آذرین زمینی می باشند.

شهابسنگ شیشه‌ای (تکتیتها) دارای سیلیس فراوان و شبیه ابسیدین می باشد.

متئوریت‌های آهنی دارای حدود ۹۰٪ آهن و ۸/۵٪ نیکل و مقدار کمی کبالت هستند. در کندریت‌ها هم از آن مقدار فلز که دارند Fe و Ni و Co به ترتیب ۹۰، ۸ و ۰/۵٪ هستند.

به نظر می‌رسد که سیارات از متئوریت‌های کندریتی بوجود آموده‌اند. (همانطور خورشید به جز گازها و مواد فرار آن) پس متئوریت‌های کندریتی ترکیب معدل منظومه شمسی را دارند. البته H و He ندارند و طبیعی است که وقتی وارد جو زمین می‌شوند این عناصر سبک از آنها جدا می شود.

نکات مهم درباره شهاب سنگها:

* شخانه های آهنی تفاوتشان با یکدیگر در مقدار نیکل است و به آسانی مـی تـوان ترکیـب آنهـا را تعیـین نمود.

* شخانه های سنگی آهنی و ناکندریت ها گروههای نادری هستند

* شباهت زیاد میانگین شخانه های آهنی و میانگین ترکیـب فلـز کنـدریت هـا دلالـت بـر وجـود منشـایی مشترک دارد.

* شخانه های آهنی نمایانگر فلز جدا شده بوسیله ذوب کامل یا جزئی موادی با ترکیب کندریتی هستند.

* شخانه ها بهترین نمونه هایی هستند که از طریق آنها می توان فراوانی مطلق عناصر غیـر فـرار را بدسـت آورد.

* ترکیب شیمیایی کندریتها منبع اصلی اطلاعات ما در رابطه با فراوانی مطلق فضایی عناصر است.

* کندریت ها نمونه میانگین خوبی از مواد منظومه شمسی هستند.

متئوریت‌ها به ۲ دسته تقسیم می شوند:

متئوریت‌هایی که به طول اتفاقی پیدا شده‌اند (افتاده ها)

متئوریت‌هایی که سقوط آنها مشاهده شده و بعداً آنها را برداشته‌اند (کم هستند)

در پیدا شده‌ها ۵۸٪ از متئوریت‌ها آهنی و سنگی آهنی‌ها (۵/۷٪) و آکندریت‌ها ناچیز (۰/۷٪) و کنـدریت‌ها ۳۵/۵٪ (که شناسایی آنها با ظاهرشان راحت‌تر است).

در انواع افتاده ها به ترتیب بالا آمار ۴/۶ ـ ۱/۵ ـ ۷/۸ ـ ۸۶/۱ بدست آمده است کـه نشـان از فراوانـی بـالای کندریت‌ها در منظومه دارد.

بر طبق مطالعات متئوریت‌های کندریتی ترکیب شمیایی بسیار نزدیک به خورشید دارند با توجه به اینکه متئوریتی که به دست ما می رسد عناصر فرار خود را از دست داده است. متئوریت‌های کندریتی شباهت زیادی به سیارات بزرگ خارجی (جدای از گازهای فرار آن) دارد.

فراوانی عناصر در فضا

گلدشیمت در سال ۱۹۳۷ بر مبنای داده‌های حاصل از ترکیب شخانه‌ها و مواد خورشیدی و ستاره‌ای، اولین جدول رضایت بخش از فراوانی عناصر و ایزوتوپها در فضا را گردآوری کرد. داده‌های مربوط به و سایر مواد فرار عمدتاً از بررسی خورشید و ستاره‌ها بدست آمده است و اعداد مربوط به سایر عناصر نیز بر مبنای فراوانی نسبی مواد شخانه‌ای استوار است.

* تغییرات فراوانی هیدروژن و هلیوم نشان دهنده مراحل تکاملی ستاره ها می باشد و تغییرات در فراوانی عناصر سنگین تر نشاندهنده تغییرات مواد موجود برای سنتز آنها می باشد.

* فراوانی عناصر کاهش نمایی و سریع برای عناصر دارای اعداد اتمی پایین (تا حدود عدد اتمی ۴۰) را نشان می‌دهد، این کاهش نمایی، مقادیر تقریبا ثابتی از عناصر سنگین‌تر را به دنبال دارد.

* عناصر دارای عدد اتمی زوج فراوانتر از عناصر دارای عدد اتمی فرد واقع در دو طرف خود می‌باشند که آن را قانون اودو ـ هارکینز می‌گویند.

* تغییر فراوانی نسبی عناصری که عدد اتمی آنها بیشتر از نیکل است، کمتر از عناصری است که عدد اتمی آنها کوچکتر از عدد اتمی نیکل می‌باشد.

* تنها ده عنصر H, He, C, N, O, Ne, Mg, Si, S, Fe که عدد اتمی همه آنها کوچکتر از ۲۷ است فراوانی قابل ملاحظه‌ای دارند و از این میان هیدروژن و هلیوم از هشت عنصر دیگر بسیار فراوانتر می‌باشد.

* در محل عدد اتمی ۲۶ یک قله فراوانی بسیار مشخص دیده می‌شود و قله‌های کوچکتری نیز در محل چندین عدد اتمی سنگین‌تر قابل مشاهده است.

* هر عنصر از روی تعداد پروتون های موجود در هسته‌ی آن مشخص می شود.

ایزوتوپ:

ایزو به معنی یکسان و تاپ به معنی مکان به این معنی که هسته‌هایی که در جدول تناوبی جای یکسانی را اشغال می‌کنند (چون عدد اتمی (تعداد پروتون) یکسانی دارند).

ایزوتون:

عناصری که دارای نوترون یکسان ولی عدد اتمی متفاوتی دارند.

ایزوبار:

عناصری که عدد جرمی آنها یکسان است.

* غایب بودن عناصر ۴۳، ۶۱، ۵۸ و ۸۷ بدلیل عدم ثبات کامل هر آرایش از این اعداد اتمی است؛ و همچنین نادر بودن استثنایی هسته‌های Li, Be, B در میان عناصر سبک در ارتباط با سهولت واپاشی هسته های این عناصر بوسیله بمباران با پروتون، ذرات آلفا و نوترونها می باشد.

* هسته اتمهایی که دارای تعداد نوترون و پروتون های زوج می باشند از دیگر هسته‌ها متعدد تر و فراوانترند

* هسته اتمهایی که دارای تعداد نوترون و پروتون های فرد می باشند فراوانی نسبی پایینی دارند.

* انرژی پیوند هسته ای در مورد هسته های دارای نوترون و پروتون زوج بیشترین مقدار می باشد.

* فراوانی نسبی عناصر نتیجه یک تعادل ترمودینامیکی منجمد بین هسته های اتمی در دما و چگالی بالا می باشد.

* هسته های اتمهای سبک بوسیله ی فرآیندهای هسته ای گرمابی و مابقی هسته ها بوسیله فرآیندهای پیاپی نوترون گیری و از هم پاشی بتای منفی بوجود آمده اند.

* ماده اولیه برای سنتز عناصر در ستاره ها هیدروژن می باشد.

* سوختن هیدروژن منجر به تولید هلیوم می شود

* واکنش های چرخه کربن در طی فرآیند سوختن هیدروژن منجر به تولید مقادیر بالا از ^{14}N می شود.

* فرآیند سوختن هلیوم مکانیزمی برای حذف شدن هسته های ناپایدار با جرم ۵ و ۸ را فراهم می کند.

* فرآیند سوختن هلیوم تولید ^{12}C، ^{16}O، ^{1}He به ^{4}He و تجمعی از ^{14}N را فراهم می کند.

* فرآیند آلفا سوختن کربن و اکسیژن نامیده می شود. در این فرآیند آلفا ^{12}C می سوزد تا عناصری مانند Ne, Na, Mg و ^{16}O می سوزد تا عناصر Si, P, S و مقادیری Ar, Cl تولید می شود.

* فرآیند تعادلی سوختن سیلیسیم نامیده می شود. در این واکنش عناصر با عدد جرمی ۲۸ تا ۵۷ سنتز می شوند. با تولید عناصر گروه آهن ^{56}Fe ستاره دیگر از نظر واکنشهای تامین کننده انرژی تهی می شود.

* فرآیند S واکنش نوترون گیری کُند نامیده می شود. این فرآیند مسئول سنتز عناصر سنگین تر از آهن است. عنصر Bi در این واکنش تولید می شود. در این فرآیند هسته های بسیاری از اتمها تشکیل نمی شود. این فرآیند در منحنی فراوانی عناصر، در جایی که تجمعی از عناصر پایدار وجود دارد قله هایی را به وجود می آورد. همچنین ایزوتوپهای مختلف یک عنصر در طی این فرآیند ایجاد می شود

* فرآیند r واکنش نوترون گیری سریع نامیده می شود و مسئول سنتز عناصر سنگین تر از Bi می باشد. انرژی مورد نیاز برای پیش برد واکنش ها از انفجار عظیم ستاره ای موسوم به سوپرنوا تامین می شود.

* فرآیند p واکنش پروتون گیری سریع نامیده می شود که مسئول سنتز ایزوتوپهای نسبتاً کمیاب غنی از پروتون سنگینی است که بوسیله فرآیندهای نوترون گیر تشکیل شده اند. این فرآیند در بخش های بیرونی یک سوپرنوا رخ می دهد.

* فرآیند X مسئول تولید عناصر B, Be, Li می باشد که طی واکنش های قبلی تولید نشده اند. این عناصر به احتمال زیاد محصولات ناشی از در هم شکستن هسته های سبک و فراوان کربن یا اکسیژن می باشد.

* تنها ستاره های بسیار حجیم و توده ای می توانند عناصر واقع در بخشهای بالایی جدول تناوبی را تولید کنند.

* شروع هر سوپرنوا با یک فرآیند r شروع می شود.

ساختار و ترکیب زمین:

* با استفاده از شتاب ثقل در سطح زمین و ضریب ثقل می توان میانگین چگالی زمین را تعیین کرد.

* بوسیله ضریب اعتدال شب و روز می توان ممان اینرسی را محاسبه کرد.

* ضریب اعتدال شب و روز، ضریب ثابت ثقل و ممان اینرسی روش های فیزیکی مطالعه ساختار زمین می باشد.

* با استفاده از داده های لرزه شناسی می توان به حضور ناپیوستگی ها در زمین پی برد.

* داده های جریان حرارتی نمایانگر وفور و پراکندگی عناصر رادیو اکتیو در پوسته و جبه است.

* مبنای بدست آوردن داده‌های لرزه‌ای درون زمین اختلاف سرعت امواج طولی و عرضی است. اگر محیط عبور امواج P و S یکسان باشد با سرعتهای متفاوت حرکت می‌کنند. سرعت امواج به چگالی و ضریب ثابت الاستیکی مواد بستگی دارد و در سطح ناپیوستگیها منعکس یا منکسر می‌شود.

* تفسیر داده های لرزه ای نوعی تقسیم بندی سه گانه‌ی اولیه زمین به پوسته، جبه و هسته را فراهم می آورد.

* ناپیوستگی رده اول (ناپیوستگی موهو) بین پوسته و جبه بوده و ناپیوستگی است که از شکستگی ناگهانی در منحنی سرعت – عمق ایجاد می شود. این ناپیوستگی نتیجه تغییر در ترکیب شیمیایی بوده. از بین رفتن امواج S در قاعده جبه نشان می دهد که هسته زمین فاقد صلبیت بوده و رفتاری مانند مایع دارد. ناپیوستگی موهو در محیط های مختلف زمین شناسی در اعماق مختلف یافت می شود. ناپیوستگی موهو در حوضه های اقیانوسی بین ۱۰ تا ۱۳ کیلومتری زیر سطح دریا قرار دارد و در زیر قاره ها نیز معمولاً حدود ۳۵ کیلومتر از سطح زمین بوده.

* ناپیوستگی رده دوم (گوتنبرگ) به وسیله تغییر ناگهانی در نرخ افزایش یا کاهش سرعت امواج مشخص شده و باعث به وجود آمدن تغییری در شیب منحنی سرعت – عمق می شود و در مرز گوشته تحتانی و هسته خارجی قرار دارد.

* افزایش چگالی نواحی مختلف زمین را گاهی تغییر فیزیکی و گاهی تغییر شیمیایی مواد می دانند. سرعت امواج P و S با ضریب الاستیکی نسبت مستقیم و با چگالی نسبت عکس دارد.

* توزیع چگالی درون زمین باید اولاً چگالی تقسیم شده‌ی بخشهای مختلف زمین را توضیح دهد و ثانیاً با ممان اینرسی بدست آمده از روی دقت شب و روز مطابقت داشته باشد.

* فشار درون زمین ۳۶۴۰ کیلوبار یا به عبارت دیگر ۳ میلیون اتمسفر است.

* لیتوسفر و آستنوسفر ترکیب شیمیایی یکسانی دارند ولی حالات فیزیکی متفاوتی دارند.

* مطالعه ایزوتوپی سیستمهای Sm-Nd و Rb-Sr بازالتهای تیغه های میان اقاینوسی نشان می دهد که از جبه بالایی که واحدی کمپلکس و ناهمگن و فقیر از Ca و Rb است منشاء گرفته است.

* بازالتهای قاره ای از مناطق عمیق گوشته منشاء گرفته و از عناصر Sr, K,Na غنی می باشد.

* در گوشته فوقانی در عمق ۳۰۰ تا ۴۰۰ کیلومتری پیروکسن به گارنت و الیوین به بتا الیوین که ۰٫۸ چگالتر از الیوین است تبدیل می شود.

* در اعماق بیش از ۴۰۰ کیلومتری گارنت کلسیم دار به پروفسکیت و بتا الیوین به اسپینل تبدیل می شود.

* در اعماق ۶۰۰ تا ۸۰۰ کیلومتری اسپینل به ساختارهای ساده تر مانند پروفسکیت و پریکلاز و گارنت منیزیوم دار به ایلمنیت تبدیل می شود. تمامی این تغییرات فازی که اساساً در ترکیب شیمیایی ثابت انجام می شوند می توانند توضیح دهنده خواص فیزیکی مشاهده شده باشد.

* در اعماق نه چندان زیاد شیب درجه حرارت زمین احتمالاً یکنواخت می شود.

* میانگین جریان حرارتی قاره ها ~ میانگین جریان حرارتی اقیانوس ها

* جریان حرارتی گودالهای اقیانوسی< حوضه های اقیانوسی< تیغه های میان اقیانوسی

* ۳۰ تا ۵۰٪ جریان حرارتی قاره‌ها از سنگهای پوسته که دارای مواد رادیواکتیو است ناشی می‌شود؛ و ۱۰٪ از جریان حرارتی اقیانوسها از پوسته نازک اقیانوسی که دارای مواد رادیواکتیو کمی است تامین می شود.

* بخش مهمی از گرمای بستر اقیانوس از طریق سلول های همرفتی بزرگ جبه به سطح آورده می شود.

* میانگین جریان گرمایی، نواحی آتشفشانی سنوزوئیک> کوهزایی مزوزوئیک و سنوزوئیک> سپرهای پرکامبرین است.

* حرارت تولید شده توسط سنگهای اسیدی> گرانتیها> حدواسط ها> بازالت ها > دونیت ها می باشد.

* سرتاسر جبه جامد است بنابراین دمای هر عمقی از جبه نمی تواند از محدوده‌ی ذوب مواد موجود در آن عمق تجاوز کند.

* بر اساس کانی دیوپسید دما در قاعده جبه نمی تواند بیش از ۱۰۰۰۰ درجه سانتیگراد باشد. نقطه ذوب مواد در قاعده جبه چیزی در حدود ۴۰۰۰ درجه سانتیگراد است که با حضور هسته ای متشکل از آهن مذاب جور در می آید.

* ترکیب پوسته زمین از دو بخش سیما (Si+Mg) و سیال (Si+Al) تشکیل شده است.

* ترکیب پوسته زمین از گرانیتی در نزدیکی سطح تا گابرویی در اعماق بیشتر تغییر می کند.

* پوسته زمین در تعادل ایزوستاتیکی قرار دارد و پستی و بلندی های آن بوسیله توزیع مواد دارای چگالی مختلف در پوسته و جبه بالایی جبران می شود.

* تعیین مواد سازنده جبه عمدتاً بر مبنای نمونه های احتمالی مواد جبه (میان بارها) قرار دارد.

* تنها ۳ نوع سنگ دونیت (الیوین)، پریدوتیت (الیوین+پیروکسن) و اکلوژیت (گارنت+پیروکسن) خواص الاستیکی لازم برای سرعت امواج مشاهده شده جبه بالایی را دارا می باشند

* شخانه های کندریتی که اساساً یک پریدوتیت با مقدار کمی فلدسپار و پلاژیوکلاز است ترکیبی مشابه با جبه بالایی دارد.

* وجود الماس در کیمبرلیت ها دلالت بر منشاء عمیق تر یعنی عمق بیش از ۱۰۰ کیلومتر است.

* ناپیوستگی موهو از تبدیل سنگهای پوسته پایینی با ترکیب گابرویی به اکلوژیت که ماده ای پر چگالتر تقریباً با همان ترکیب است ایجاد می شود.

* پیرولیت مخلوطی از یک قسمت بازالت و سه قسمت دونیت می باشد.

* انواع پیرولیت

آمفولیت = الیوین+آمفیبول

پیرولیت پلاژیوکلاز دار= الیوین و پیروکسن فقیر از Al و پلاژیوکلاز

پیرولیت پیروکسن دار= الیوین و پیروکسن فقیر از Al و اسپینل

پیرولیت گارنت دار= الیوین و پیروکسن فقیر از Al و گارنت

* آمفولیت فقط در زیر پوسته نازک اقیانوسی وجود دارد.

* در زیر سپر پرکامبرین جبه تا عمق زیادی از دونیت یا پریدوتیت با جدایش های جزئی از اکلوژیت تشکیل شده است. ضخامت این لایه در زیر نواحی قاره ای کاهش یافته و در زیر نواحی اقیانوسی نازک بوده و یا بوسیله آمفولیت جایگزین می شود.

* تغییرات پلی مورفیک در دما و فشار نقش بسزایی در توسعه اطلاعات ما از ناحیه میانی جبه داشته است.

* ناپیوستگی بین جبه بالایی و میانی ناشی از تشکیل پلی مورف های فشار بالای الیوین است.

* استیشوویت یکی از پلی مورف های کوارتز بوده و در فشار حدود ۱۳۰ کیلو بار و دمای ۱۶۰۰ درجه سانتیگراد پایدار است.

* جبه میانی عمدتاً از MgO و SiO_2 که با مخلوطی از الیوین و پیروکسن مطابقت دارد.

* حضور عناصر اضافی Na, Al, Ca, Fe در جبه باعث ایجاد یک افزایش چگالی پیوسته به جای افزایش پلکانی می شود.

* جبه پایینی از عمق ۱۰۰۰ تا ۲۹۰۰ کیلومتری قرار دارد، همگن بوده و احتمالاً از پیروکسن، ایلمنیت و پریکلاز تشکیل شده است.

* پیدایش این عقیده که زمین هسته ای متشکل از آهن دارد بر مبنای ترکیب شیمیایی شخانه ها ارائه گردیده است.

* علت تفاوت منطقه ای در ترکیب کانیایی پیرولیت اختلاف خطوط زمین گرمایی گوشته بالایی در زیر اقیانوس ها و قاره ها می باشد.

* هسته از همان مواد جبه ولی با اشکال بسیار فشرده تر تشکیل شده است.

* خواص فیزیکی هسته ایجاب می کند که هسته از عناصر واسطه تشکیل شده باشد و در این میان Fe تنها عنصری است که به مقدار کافی در زمین حضور دارد

* شواهد فیزیکی نشان می دهد که میانگین اعداد اتمی عناصر هسته ۲۲ است و از آنجا که عدد اتمی آهن ۲۶ است پس عناصر دارای عدد اتمی کوچکتر نیز باید در هسته وجود داشته باشد و از این میان عناصر Si, C, S به عنوان عناصر احتمالی مطرح هستند.

* ناپیوستگی لرزه ای واقع بین جبه و هسته یک ناپیوستگی تند بوده و عبور امواج S از درون هسته مشاهده نشده و این امر بیانگر مایع بودن هسته حداقل در بخش بیرونی می باشد.

* شاهدی دیگر در مورد سیالیت هسته از تجزیه و تحلیل جذر و مد پیکره‌ی زمین حاصل شده است.

* ناپیوستگی بین هسته بیرونی و هسته داخلی تاشی از تغییر در صلبیت بوده و هسته در زیر این عمق جامد است.

* میدان مغناطیسی زمین ناشی از وجود هسته آهنی مایع است.

* تغییرات میدان ژئومغناطیسی زمین ناشی از وجود جریانهای همرفتی در هسته‌ی خارجی زمین است.

* میدان مغناطیسی زمین از جریان های الکتریکی درون آن ناشی می شود و اینکه احتمال حضور این گونه جریان ها در هسته‌ی فلزی شدیداً رسانا بسیار بیشتر است تا در جبه سیلیکاتی.

* زمین از یک هسته آهنی، یک جبه سیلیکاتی نسبتاً همگن و یک پوسته سیلیکاتی ناهمگن تشکیل شده است.

* هیدروسفر قشری ناپیوسته از آب شیرین و شور است که اقیانوس ها، دریاچه ها رودخانه ها، برف و یخچالها را به وجود می آورد.

* بیوسفر مجموعه مواد آلی است که در هیدروسفر- اتمسفر و سطح پوسته توزیع شده است

* اتمسفر، هیدروسفر و بیوسفر کمتر از ۰,۰۳٪ از جرم کل زمین را می سازند پوسته با چگالی حدود ۲,۸ کمتر از ۰,۰۱ جرم کل زمین را می سازد بنابراین ترکیب کلی زمین عمدتاً از روی ترکیب جبه و هسته تعیین می شود.

* ترکیب میانگین پوسته در اصل همان ترکیب سنگهای آذرین است.

* جبه احتمالاً از الیوین و پیروکسن ها یا معادل های فشار بالای آنها تشکیل شده و جامد می باشد و هسته از آلیاژ آهن و نیکل و مقداری عناصر سبکتر تشکیل شده است.

پوسته قاره ای	تمام پوسته	عناصر

* ۹۵ درصد از ده مایل بالایی پوسته را سنگهای آذرین و دگرگونی، ۴ درصد شیل، ۰,۷۵ درصد ماسه سنگ و ۰,۲۵ درصد از سنگهای کربناته تشکیل شده است.

* منظور از ترکیب شیمیایی پوسته زمین در واقع ترکیب مناطق قاره ای است تا ترکیب پوسته.

* جبه با چگالی (حدود ۴,۵) ۶۷,۲ درصد از جرم کل زمین را به خود اختصاص داده و هسته با میانگین چگالی (۱۱) ۳۲,۴ درصد از جرم کل زمین را به خود اختصاص داده است.

* سنگهایی که از لحاظ منشاء اهمیت چندانی ندارند از نظر ترکیب شیمیایی نیز درست مانند سنگهای فراوانتر، در طیفی قرار می گیرند که از غنی تا فقیر از سیلیس را شامل می شود.

* میانگین تمام پوسته زمین تمام موادی را شامل می شود که در بالای ناپیوستگی موهو قرار دارند.

* در تمام پوسته مقدار قلیایی ها اندکی کمتر از پوسته قاره ای است؛ اما مقدار Ca, Mg کمی بیشتر می باشد که این امر بازتاب ماهیت پوسته بازالتی پوسته اقیانوسی است. (جدول ۱)

جدول ۱) فراوانی عناصر در پوسته قاره ای و تمام پوسته

SiO_2	۵۹,۳	۶۱,۹
Al_2O_3	۱۵,۸	۱۵,۶
Fe_2O_3	۲,۶	۲,۶
FeO	۴,۴	۳,۹
MgO	۴	۳,۱
CaO	۷,۲	۵,۷
Na_2O	۳	۳,۱
K_2O	۲,۴	۲,۹
TiO_2	۰,۹	۰,۸
P_2O_5	۰,۲	۰,۳

❋ عناصری مانند Ba, Rb, Be بطور مشخصی در گرانیتها غنی شدگی نشان می دهند.

❋ عناصر Ni, Sc, B در دیابازها که معادل بازالتها می باشند غنی شدگی نشان می دهند.

❋ کمترین درصد حجمی در پوسته مربوط به Si و بیشترین آن مربوط به اکسیژن می باشد.

❋ گلدشمیت لیتوسفر را اکسی‌اسفر نیز نامیده است.

❋ کمیاب ترین عنصر نادر خاکی پوسته زمین جیوه (Hg) می باشد.

❋ عناصر پراکنده عناصری هستند که با وجود مقادیر قابل توجه آنها در پوسته در کانیهای رایج پخش بوده و هرگز به صورت متمرکز وجود ندارند.

❋ عناصر Ga, Rb به ترتیب در کانیهای پتاسیم دار و آلومنیوم دار جزء عناصر پراکنده می باشند.

❋ عدد کلارک درصد وزنی میانگین یک عنصر در پوسته زمین می باشد.

❋ کلارک غلضت ضریبی است که غلضت یک عنصر در یک رسوب خاص و یا حتی یک کانی بخصوص نشان می دهد.

❋ بیشترین کلارک غلضت منگنزبه ترتیب در کانیهای، رودونیت<پسیلوملان<پیرولوزیت می باشد.

❋ کانسنگ رسوبی است که کلارک غلضت عنصر مورد نظر به عددی می رسد که استخراج آن را از نظر اقتصادی مقرون به صرفه می کند.

❋ در دسترس بودن یک عنصر تا حدود زیادی بستگی به توانایی آن عنصر برای تشکیل کانیهایی دارد که عنصر مورد نظر جزء اصلی آنها را تشکیل می دهد.

❋ عناصر ایندیوم، روبیدیوم، گالیوم، هافنیوم و رنیوم از عناصری می باشند که توانایی تشکیل کانی را ندارند چون غلضت آنها بسیار پایین است.

❋ کانیهای رسی در مقایسه با بوکسیت ها منبع بسیار در دسترس تری از Al می باشند اما مشکل موجود در مورد کانیهای رسی مشکل تکنیکی استخراج می باشد.

❋ Mg از آب دریا استخراج می شود و مقدار آن ۱۳ درصد می باشد.

❋ از تصفیه الکترولیتی مس مقدار زیادی تلوریوم بدست می آید.

❋ Ge, Ga را از خاکستر برخی از زغال سنگها بدست می آورند.

❋ جبه و هسته در مجموع ۹۹ درصد جرم زمین را به خود اختصاص می دهند.

❋ ترکیب شیمیایی آلیاژ آهن هسته‌ی زمین مانند میانگین آلیاژ نیکل-آهن کندریتها بوده و به طور متوسط شامل ۵٫۳ درصد FeS در این شخانه ها می شود.

❋ ترکیب جبه و پوسته همانند مواد اکسیدی یک کندریت متوسط است.

❋ چگالی هسته خارجی حدود ۱۰ درصد کمتر از چگالی آهن می باشد.

❋ هسته از آلیاژ آهن و نیکل با ترکیب کندریت متوسط بعلاوه ۵٫۳٪ ترولیت تشکیل شده است.

❋ ۹۰ درصد از کل زمین از عناصر Mg, Si, O, Fe تشکیل یافته است.

* در پوسته زمین عناصر S, Ni وجود ندارد.

* فراوانترین عناصر در پوسته زمین همگی دارای عدد اتمی پایینی هستند به جزء در مورد Ba موجـود در پوسته زمین.

* از تفاوت های پوسته زمین با دیگر بخشهای زمین فراوانی کمتـر Mg, Fe در پوسـته و فقـدان S, Ni و اهمیت بیشتر K, Na, Al در آن است. به بیان دیگر پوسته باعث تجمع سیلیکاتهای نسـبتاً سـبک و قابـل گداز Al در سطح گردیده است.

* تفریق پوسته از جبه عمدتاً شامل تجمع فلدسپارها در پوسته بوده است.

* شخانه های کندریتی احتمالاً بخش هایی از سـیارک هـای بـاقی مانـده از مرحلـه‌ی پـیش سـیاره ای در منظومه شمسی است.

* شخانه های کندریتی از ۳ فاز ۱- آهن ونیکل، ۲- سولفید آهن، ۳- کانیهای سیلیکاته تشکیل شـده انـد. آهن بدلیل فراوانی بیش از حد در هر ۳ فاز شخانه های کندریتی وجود دارد.

* عناصری که دارای الکتروپوزیویته بیشتری (الکترونگاتیوی کم) نسبت به آهن هسـتند در فـاز سـیلیکاتی جمع می شوند.

* عناصری که با گوگرد ترکیبات تک قطبی تشکیل می دهند و همچنین شبه فلزات در فاز سولفیدی جمع می شوند.

* توزیع عناصر در میدان گرانشی مانند زمین نه از روی چگالی یا وزن اتمی بلکـه از روی آفینیتـه آنهـا بـه فازهای تشکیل شونده‌ی اصلی صورت می گیرد.

* اورانیوم و توریوم شدیداً الکتروپوزیتیو بوده و به صورت اکسید در سیلیکات در پوسته‌ی زمین جمع شـده اند.

* طلا و پلاتین به فاز آهن تمایل داشته و در هسته‌ی زمین تمرکز یافته اند.

* توزیع عناصر در فازها به پتانسیل شیمیایی بستگی دارد.

* توزیع هر عنصر تا حدودی به دما و فشار و به طور کلی محیط شیمیایی سیستم بستگی دارد.

* عناصر Ba, Sr, Ca, Mg, Be, Cs, Rb, K, Na, Li در گروه عناصر لیتوفیل جای دارند.

* عناصر S, Ga, Hg, Cd, Zn, Ag در گروه عناصر کالکوفیل جای دارند.

* کرم در شرایط احیایی ماهیت کالکوفیل دارد و تماماً وارد کانی اسپینل گوگرد دار (دابریلیت) می شود اما در شرایط اکسیدان در پوسته زمین عنصری شدیداً کالکوفیل است.

* تحت شرایط شدیداً احیاء کننده C, P ماهیتی سیدروفیل دارند.

* ماهیت ژئوشیمیایی هر عنصر عمدتاً از روی آرایش الکترونی اتمهای آن اداره شده و بنابراین رابطه‌ی تنگاتنگی با محل قرار گرفتن آن در جدول تناوبی دارد.

* عناصر لیتوفیل عناصری هستند که به آسانی با ۸ الکترون بیرونی ترین پوسته‌ی اتم خود تشکیل یون می دهند. یونهای عناصر کالکوفیل در بیرونی ترین پوسته‌ی خود ۱۸ الکترون دارند.

* بیرونی ترین پوسته‌ی الکترونی عناصر سیدروفیل در بیشتر موارد پر نشده است.

* اگر گرمای تشکیل یک اکسید بیشتر از گرمای تشکیل FeO باشد آن عنصر لیتوفیل است و عناصری که گرمای تشکیل کمتر از FeO دارند ماهیتی کالکوفیل و سیدروفیل دارند.

* پوسته‌ی زمین ۳۷۰۰ میلیون سال و عمر زمین ۴۶۰۰ میلیون سال است.

* تفاوت موجود در چگالی سیارات درونی را می توان از روی اختلاف مقادیر نسبی Fe ترکیب شده و Fe آزاد توضیح داد.

* اکسیدها، سیلیکاتها و تیتانیت ها نخستین مواد دیر گداز موجود در شخانه های کندریتی کربن دار آلنده می دانند و نخستین مواد متراکم شده در منظومه شمسی است.

* تراکم دیر گدازها به عنوان عامل اصلی در تعیین شیمی کره ماه محسوب می شود.

* تولید حرارت رادیوژن زمین در ۴,۵ میلیارد سال پیش حداقل ۷ برابر تولید حرارت امروز بوده. بخش بزرگی از این حرارت بوسیله ۴۰K تولید شده حتی هسته های رادیواکتیو دارای نیمه عمر کوتاه تر مانند ۲۶Al نیز در تولید انرژی گرمایی نقش داشته اند.

* فرآیند تشکیل هسته شدیداً گرمازا و خودشتابنده است.

* فرسایش و رسوبگذاری باعث تسریع تفریق شیمیایی مواد پوسته می شود.

* توزیع نامتقارن قاره ها و اقیانوس ها در اثر تولید نامتقارن قطرات بزرگ Fe بوده است.

* قدیمی ترین فسیل گیاهان میکروسکوپی متعلق به چرت فلینت می باشد که متعلق به دوره‌ی پرکامبرین با سن ۱,۹ میلیارد سال است.

* قدیمی ترین سنگها از کنگلومرا، ماسه سنگ و شیل تشکیل شده است و نشان می دهد که شرایط اتمسفر و هیدروسفر با شرایط امروزی متفاوت بوده است. در قدیمی ترین تشکیلات کمبود شدید سنگ آهک وجود دارد و این سنگ برای اولین بار در رسوبات جوانتر پرکامبرین با سنی کمتر ۱,۲ میلیارد سال به فراوانی یافت می شود. این امر نشان می دهد که فشار جزئی بالای CO_2 در اتمسفر و هیدروسفر می باشدکه باعث گردیده $CaCO_3$ به حالت محلول باقی بماند.

* طبقات قرمز رنگ (اکسید فریک) دلالت بر افزایش اکسیژن اتمسفری نسبت به دوره های قبل دارد.

ترمودینامیک و شیمی بلورها:

* در توزیع و ترکیب مجدد عناصر شیمیایی در کانیها و سنگ ها، اتمها یا یون ها بخشی از انرژی خود را از دست می دهند و سیستم های پایدارتری را به وجود می آورند.

* هر سیستم ترمودینامیکی دارای دو خاصه اصلی است ۱- خواص ظرفیتی، ۲- خواص متمرکز

* خواص ظرفیتی مانند جرم، حجم و آنتروپی که به کمیت ماده ماده موجود در سیستم بستگی دارد.

* خواص متمرکز مانند دما، فشار و پتانسیل شیمیایی که ارتباطی با مقدار ماده موجود در سیستم ندارد.

* بر طبق قانون اول ترمودینامیک انرژی نمی تواند بوجود آمده و یا از بین برود. ($\Delta E = E_2 - E_1$)

* قانون دوم ترمودینامیک در هر فرآیند برگشت پذیر مقدار تغییر آنتروپی سیستم (ds) را می توان از روی مقدار حرارت دریافت شده توسط سیستم (dq) تقسیم بر دمای مطلق (T) اندازه گرفت.

* انرژی آزاد هلم هولتز (A) برابر است با:A=E-TS و انرژی آزاد گیبز (G) برابر است با G=E-TS+PV

* اگر ترکیب شیمیایی، دما و فشار برای مدت زمان طولانی تقریباً ثابت بماند به شرایط تعادل می توان بسیار نزدیک شد.

* اگر واکنش‌گرها و محصولات در حال تعادل باشند ΔG واکنش برابر صفر خواهد بود. اگر ΔG یک عدد منفی بزرگ باشد بدین معناست که گرایش واکنش نوشته شده به پیشرفت تا مراحل تقریباً کامل شدن است. اگر ΔG یک عدد مثبت و بزرگ باشد معنایش این است که گرایش واکنش به جهت مخالف است.

* به عبارتی دیگر ΔG در حالت اشباع صفر است و ΔG منفی بزرگ بمعنی غیر اشباع و ΔG مثبت نیز نشان دهنده فوق اشباع بودن است.

* طبق اصل لوشاتلیه در یک سیستم در حال تعادل، تغییر در هر یک از عوامل تعیین کننده‌ی شرایط تعادل موجب می گردد که تعادل به سمتی سوق پیدا کند که اثر این تغییر را خنثی کند.

* افزایش دما همان اثراتی را دارد که کاهش فشار به همراه دارد به عنوان حلالیت جامدات در مایعات با افزایش دما بیشتر می شود اما این حلالیت با افزایش فشار کاهش می یابد.

* برای پیش بینی امکان رخ دادن یک واکنش لازم است که مقدار تغییر انرژی آزاد واکنش تعیین شود.

* تعداد مول های واکنش گر× انرژی آزاد مولال = انرژی آزاد

* ترمودینامیک شرایط وقوع برخی واکنش های خاص را پیش بینی می کند اما از نرخ پیش رفتن یک واکنش چیزی به ما نمی دهد.

* کانی نفلین با الیوین دیده می شود اما هیچ گاه با هیپرستن دیده نمی شود زیرا روابط انرژی آزاد از واکنش نفلین با هیپرستن برای ایجاد آلبیت و الیوین حمایت می کند.

* در فشارهای زیاد (اعماق ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلومتری) تبدیل آلبیت به نفلین قبل از تبدیل پیروکسن به الیوین صورت می گیرد.

* مواد دارای ترکیب بازالتی در پوسته احتمالاً درون جبه بالایی به صورت یک سنگ نفلین پیروکسن دار متبلور می شود.

* تعیین محدودهای دمای نقطه ذوب بوسیله مواد آلی کمپلکس به نمایش گذاشته می شوند.

* حضور شیشه در سنگها غیر عادی بوده و نشان دهنده‌ی شرایط غیر معمول ترکیب شیمیایی و شرایط غیرعادی تشکیل می باشد.

* بارزترین ویژگی بلورهایی که آزادانه رشد کرده اند شکل خارجی آنها می باشد.

* گلدشمیت به اهمیت ساختمان بلوری در کنترل و توزیع عناصر در پوسته‌ی زمین پی برد.

* پیوند بازماندی یا واندروالس مسئول انسجام گازهای نجیب می باشد.

* ترکیباتی که بیش از یک نوع پیوند در ترکیبشان وجود داشته باشد را هترودسمیک می نامند و ترکیباتی که فقط یک نوع پیوند داشته باشند را همودسمیک می نامند.

* خواص فیزیکی مانند سختی، قدرت مکانیکی و نقطه ذوب در ساختمان های هترودسمیک از روی ضعیف ترین پیوند ها تعیین می گردد.

* پیوند سیلسیوم – اکسیژن در سیلیس و سیلیکاتها نه کاملاً یونی است و نه کاملاً کووالانت.

* الکترونگاتیویته می تواند نشانه هایی از خصت های یونی و کووالانت پیوندهای شیمیایی عرضه نماید کاتیون هایی که الکترونگاتیویته آنها بیشترین فاصله را با الکترونگاتیویته اکسیژن دارند در ترکیب با این عنصر پیوندی تشکیل می دهد که بیشترین خصلت یونی را داشته باشد.

* در الماس چهار الکترون پیوندی تشکیل یک اوربیتال هیبریدی $۲SP^3$ و در گرافیت SP^2 ۲ را می دهد.

* شعاع یونی عناصری که در یک گروه از جدول تناوبی جای دارند با افزایش عدد اتمی زیاد می شود.

* همچنین در یونهایی که در یک دوره از جدول تناوبی قرار دارند و دارای ساختمان الکترونی مشابه هستند شعاع یونی همراه با افزایش بار الکتریکی کاهش می یابد.

* برای عناصری که دارای چندین ظرفیت هستند هرچه بار مثبت روی یـون بیشـتر باشـد شـعاع کـوچکتر است.

* انقباض لانتانیدی در عناصر REE دیده می شود که حاصل ایجاد یک پوستهی الکترونی درونی به جـای افزایش یک پوسته جدید است.

* تعداد یونهایی که اطراف یک یون مرکزی اجتماع می کنند بستگی به نسبت شعاعی بین دو یون دارد.

* عدد کوردینانسیون برای کاتیون های بزرگتر از اکسیژن به خوبی تعریف نشده است زیـرا تجمـع از نظـم کمتری برخوردار است.

* دمای بالا و فشارهای پایین اغلب وقوع کوردینانسیون های پایین را ایجاب می کند در حالیکه دمای پایین و فشارهای زیاد کوردینانسیون های بالاتر را ایجاب می کند.

* پایدارترین ساختمان، ساختمانی است که انرژی پتانسیل در آن کمترین باشد.

* قانون پائولینگ می گوید که در یک ساختار پایدار قدرت کلی پیوندهای ظرفیتی که از کاتیون های مجاور به یک آنیون می رسد برابر است با بار وارده بر آن آنیون

* گروه های چهار وجهی مستقل مثل گروه فورستریت به نزوسیلیکاتها معروف هستند.

* سوروسیلیکاتها گروههای چهار وجهی با اتصال محدود بوده و دارای ساختار حلقوی می باشند. مهمتـرین کانی این گروه اکرمانیت می باشد

* فلدسپارها و زئولیتها به تکتوسیلیکات معروف می باشند.

* هرچه انرژی شبکه بلوری بیشتر باشد مقدار انرژی لازم برای شکستن بلور به یونهای سازنده آن نیز بیشتر خواهد بود.

* ضریب ثابت مادلونگ مشخص کننده نوع ساختار بلور است.

* هرچه بار وارده بر یونها بیشتر باشد انرژی شبکه ای نیز بیشتر خواهد بود و به همین ترتیب هرچه یونها کوچکتر و بسته بندی بلور نیز جمع تر باشد انرژی شبکه ای بیشتر خواهد بود.

* فرسمن ثابت عددی EK را برای هر عنصر نشان دهنده سهم آن عنصر در انرژی ترکیبات آن می داند.

* انرژی شبکه‌ی تمام پلی مورفهای یک ترکیب در معادله فرسمن برابر خواهد بود.

* ایزومورفیسم به ترکیباتی می گویند که دارای فرمول و از نظر کریستالوگرافی مشابه بوده گفته می شود.

* ایزومورفیسم در کانیهای گروه گارنت، اسپینل و آمفیبول دیده می شود و اساس این پدیده بر این اصل قرار گرفته است که تعداد مساوی از آنیون ها و کاتیون های دارای اندازه‌ی نسبی مشابه (عدد کوردینانسیون مشابه) تمایل دارند که در یک ساختار بلوری متبلور شوند

* در سری کربناتها کاتیون هایی که بزرگتر از کلسیم هستند با ساختمان اورتورومبیک متبلور می شوند و آنهایی که کاتیونشان کوچکتر از کلسیم است با ساختمان تریگونال متبلور می شود. خود کربنات کلسیم می تواند به صورت هر یک از ساختمان های یاد شده متبلور شود که به این پدیده پلی مورفیسم می گویند.

* عامل مهم در ایزومورفیسم شباهت در اندازه های نسبی یونهای مختلف است تا شباهت شیمیایی. به عنوان مثال ترکیبات کلسیم و منیزیوم مشابه به ندرت ایزومورف یکدیگر هستند زیرا دارای شعاع یونی متفاوت بوده اگرچه رفتار ژئوشیمیایی این دو عنصر یکسان است.

* هر یون موجود در ساختمان بلوری می تواند بدون ایجاد به هم ریختگی جدی در ساختمان بلوری به وسیله یون دیگری با شعاع مشابه جایگزین شود بنابراین هر محلول جامد را می توان به سادگی به صورت جامد بلورین همگنی با ترکیب متغییر تعریف کرد. به عنوان مثال سری محلول جامد فورستریت-فایالیت.

* ایزومورفیسم برای تشکیل محلول جامد نه شرطی لازم و نه شرطی کافی. ایزومورفیسم و محلول جامد دو مفهوم مجزا و مشخصند که نباید با یکدیگر اشتباه شوند. کلسیت $CaCO_3$ و اسمیت سونیت $(ZnCO_3)$ محلول جامد نیستند.

* میزان جایگزینی اتمی از روی ماهیت ساختمان بلوری، نزدیک بودن شعاع های یونی و دمای تشکیل ترکیب مورد نظر تعیین می شود.

* هرگاه اختلاف بار الکتریکی بین یونها از یک بیشتر شود، حتی اگر اندازه‌ی یونهای جایگزین شونده و یونهای جایگزین کننده نیز مناسب باشد هیچگونه جایگزینی اتمی صورت نخواهد گرفت.

* اگر تفاوت شعاع یونهای جایگزین کننده و جایگزین شونده از ۱۵٪ تجاوز نکند جایگزینی های وسیعی در دمای معمولی اتاق بوقوع می پیوندد و با افزایش دما این جایگزینی افزایش می یابد.

* از مقدار تیتانیوم موجود در ایلمنیت به عنوان یک ترمومتر استفاده می شود.

* واژه دیادوکی برای بیان قابلیت عناصر مختلف در اشغال یک موضع بلوری مشابه در شبکه بکار گرفته می شود.

* در محلول جامد خلل و فرجی اتمها و یونها جایگزین اتم یا یون موجود در ساختمان بلوری نمی شود بلکه در خلل و فرج موجود در شبکه جای می گیرد این نوع محلول جامد در فلزات بسیار رایج می باشد.

* کریستوبالیت یکی از پلی مورف های کوارتز دارای ساختمان باز است و محلول جامد خلل و فرجی در مورد این کانی ممکن است صورت گیرد.

* محلول جامد حذفی نوعی دیگر از محلول جامد است که در آن برخی از اتمها در مواضع بلوری غایب می باشند به عنوان مثال در کانی پیروتیت (FeS) همیشه گوگرد موجود در ترکیبش بیش از مقداری است که فرمول نشان می دهد.

* هر عنصر یا ترکیبی که بیش از یک شکل بلوری داشته باشد را پلی مورف می گویند.

* اتمها یا یونها در پلی مورفهای مختلف یک ترکیب دارای نظم و آرایش متفاوتی هستند. پلی مورفیسم بیان کننده این است که ساختمان بلوری از روی ترکیب شیمیایی تعیین نمی شود بلکه پلی مورفهای مختلف یک ترکیب تحت شرایط فشار، دما و محیط شیمیایی متفاوت تشکیل می شود؛ بنابراین حضور پلی مورف یک ترکیب در سنگ بیان کننده شرایط تشکیل سنگ می باشد

* تغییر از یک پلی مورف به پلی مورف دیگر از برگشت پذیر باشد را را انانتیوتروپی (رابطه بین کوارتز و تریدیمیت) و اگر برگشت ناپذیر باشد آنرا مونوتروپی (پیریت- مارکاسیت) می گویند. مارکازیت به پیریت تبدیل می شود اما هیچگاه مارکازیت به پیریت تبدیل می شود.

* رابطه بین الماس و گرافیت رابطه‌ی انانتیوتروپی است.

* شکل دمای بالا همیشه از تقارن بیشتری نسبت به شکل دمای پایین مشابه خود برخوردار است.

* پلی مورف دمای بالاتر نسبت به پلی مورف دمای پایین از ساختمان بازتری برخوردار است

* در شرایط معین هر یک از پلی مورف های یک ترکیب از روی انرژی آزاد مشخص می شود.

* در نقطه تبدیل بین دو شکل پلی مورفی انرژی آزاد هر دو شکل برابر است.

* ساختمان های منظم در مقایسه با ساختمان های نامنظم از تقارن کمتری برخوردار می باشند. نقطه‌ی تبدیل مشخصی بین دو شکل وجود ندارد. نظم مطلق تنها در صفر مطلق بدست می آید و با افزایش دما درجه‌ی نظم بتدریج کاهش می یابد تا وقتی که در دمای خاصی که مشخص کننده‌ی ساختمان و ترکیب شیمیایی بلور است و به بی نظمی کامل برسد. برای مثال رابطه‌ی بین میکروکلین و سانیدین تغییر شکلی از نوع منظم-نامنظم است. سانیدین وضعیتی نامنظم و میکروکلین وضعیتی منظم دارد.

* سانیدین در سنگهای آتشفشانی و در دمای بالا و دارای تقارن زیاد و نامنظم است

* میکروکلین در سنگهای پلوتونیکی در دمای پایین و دارای تقارن کمتر نسبت به سانیدین و ساختمان منظم تری است.

ماگماتیسم و سنگهای آذرین:

* اجزای فرار نقش مهمی در مسیر تبلور ماگما دارد.

* ماگما یک ترکیب عمدتاً سیلیکاتی با دمای بالا است که قابلیت تحرک دارد.

* سنگهای آذرین جهان عمدتاً از نظر فراوانی به دو گونه گرانیت و بازالت تعلق دارند.

* تشکیل ماگماهایی با ترکیب شیمیایی متفاوت را می توان از روی تبلور تفکیکی ماگمای بازالتی و جدایش ماگماهای باقی ماندهی مختلف و همچنین هضم مواد دارای ترکیب شیمیایی متفاوت و در آخر خروج مواد فرار توضیح داد.

* مهمترین اکسیدهای سنگ ساز شامل SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, FeO, MgO, CaO, Na_2O, K_2O, H_2O, TiO_2 می باشد.

* مقادیر کم Al_2O_3 مشخصهی سنگهایی است که فلدسپار و فلدسپاتوئید آنها ناچیز است. مقادیر بالای Al_2O_3 مشخصه آنورتوزیت هاست.

* فقط انواع سنگهای الترابازیک غنی در پیروکسن و الیوین بیش از ۲۰ درصد MgO دارند.

* ماکزیموم مقدار CaO حدود ۸ درصد در سنگهای بازالتی می باشد.

* ترکیب مینرالوژیکی یکی از معیارهای اصلی در طبقه بندی سنگهای آذرین است.

* سیلیس در طبیعت به صورت ۷ کانی مشخص یافت می شود. تریدیمیت و کریستوبالیت در سنگهای آتشفشانی توزیعی گسترده دارد، لوشاتهلیریت (شیشه سیلسی) بسیار کمیاب است. کوئزیت و استیشویت شکل های فشار بالای که در محل برخورد شهاب سنگها با زمین تشکیل می شود.

* کوارتز، تریدیمیت و کریستوبالیت شکلهایی از سیلیس هستند که در سنگهای آذرین رخ می دهند. چهار وجهی های SiO_4 در هر یک از این سه کانی با الگو های متفاوت به یکدیگر متصل شده اند و این اتصال باید به طور کامل شکسته و باز آرایی شود تا یک نوع بتواند به نوع دیگر تبدیل شود.

* حضور کوارتز در یک سنگ آذرین نشان دهنده آن است که تبلور آن از ماگما در دمای زیر ۸۶۷ درجه سانتیگراد صورت گرفته است.

* کوارتز در دمای معمولی اتاق همیشه به صورت کوارتز دمای پایین حضور دارد؛ اما در سنگهای آذرین کوارتز دار ابتدا به صورت کوارتز دما بالا متبلور می شود.

* سانیدین پلی مورف دمای بالای مونوکلینیک فلدسپارها میباشد که در سنگهای آتشفشانی دیده میشود.

* افزایش مقدار ناچیزی آب به ماگما دمای ذوب را تا چند صد درجه پایین می آورد.

* میکروکلین با سیستم تبلور تری کلینیک در طیف وسیعی از سنگهای آذرین و دگرگونی که در دمای پایین تا متوسط متبلور می شوند یافت می گردد.

* آدولاریا فلدسپاری است که دارای شکل بلوری خاصی بوده و در رگه هی هیدروترمال دمای پایین یافت می شود.

* ارتوکلازها و آدولاریا از نظر ساختمانی حدواسط بین سانیدین و میکروکلین هستند. احتمالاً بیشتر ارتوکلازها درآغاز به صورت سانیدین متبلور می شوند.

* در ارتوکلازهای سدیم‌دار مقدار K>Na بوده و در دماهای پایین‌تر تیغه‌های پلاژیوکلاز در زمینه‌ای از کانی فلدسپار پتاسیم دیده می‌شود که این هم رشدی را **پرتیت** می نامند.

* آنورتوکلازها اعضای سدیم دارتر این سری بوده Na>K و در دماهای پایین تر قطعاتی از میکروکلین یا ارتوکلاز در زمینه ای از پلاژیوکلاز پراکنده است که به این هم رشدی **آنتی پرتیت** می گویند.

* در محدوده تقریبی An3 تا An_{23} پلاژیوکلازها معمولاً هم‌رشدی زیر میکروسکوپی دارند که به پریسترتیت معروف است.

* فلدسپاتوئیدها گروهی از سیلیکاتهای آلومنیوم دار هستند که از یک ماگمای غنی از مواد قلیایی و از نظر سیلیس فقیر متبلور می شوند. این گروه از کانیها هرگز با کوارتز اولیه همراه نیستند.

* اسیدها به آسانی بر روی فلدسپاتوئیدها اثر می گذارند علت این امر ناشی از نسبت بالای Al/Si است. بدین ترتیب که آلومنیوم به صورت محلول خارج می شود و چهارچوب ساختمانی فرو می ریزد.

*لئوسیت رایج ترین فلدسپاتوئید پتاسیم دار است که در سنگهای آتشفشانی به وفور یافت می شود؛ و در سنگهای نفوذی دیده نمی شود.

* نفلین رایج ترین فلدسپاتوئید می باشد که در سنگهای آتشفشانی و سنگهای نفوذی یافت می شود. این کانی با تریدیمیت دمای بالا ایزومورف است.

* فرمول عمومی پیروکسن ها به صورت $(W)_{1-p}(X+Y)_{1+p}\ Z_2O_6$ می باشد؛ که در آن W یونهای سدیم و کلسیم، X یونهای آهن و منیزیوم، Y آهن و تیتانیوم و Z آلومنیوم و سیلیس می باشد.

* اسپودمن کانی رایج سنگ ساز نیست و فقط در پگماتیت ها دیده می شود.

* کلینوآنستاتیت و کلینوهیپرستن از کانیهای گروه پیروکسنها هرگز در سنگهای زمینی دیده نشده اند.

* در سنگهای آتشفشانی پیروکسن ممکن است اوژیت فقیر از کلسیم و یا پیژونیت باشد در حالیکه در سنگهای پلوتونیکی پیروکسن ها اوژیتهای عادی و یا پیروکسن های اورتورومبیکی می باشند که فاقد کلسیم هستند.

* سری آنتوفیلیت (از کانیهای گروه آمفیبول) با سری اورتورومبیک انستاتیت- هیپرستن در گروه پیروکسن ها شباهت دارد. این کانی در سنگهای دگرگونی دیده نمی شود.

* سری ترمولیت (از کانیهای گروه آمفیبول) با سری دیوپسید-هدنبرژیت در گروه پیروکسن‌ها شباهت دارد.

* آمفیبول های قلیایی شامل آرفدسونیت، گلوکوفان و ریبکیت می باشد.

* تنها الیوین های رایج سنگ ساز ترکیبات آهن و منیزیوم می باشند.

* جایگزینی Ca به جای Fe و Mg دز ساختار الیوین شدیداً به دما وابسته است زیرا الیوین سنگهای پلوتونیک به ندرت بیش از ۰٫۱٪ CaO دارند.

* منگنز در الیوین ها وجود داشته و معمولاً با مقدار آهن همبستگی مثبت نشان می دهند؛ بنابراین بیشترین مقدار Mn در فایالیت دیده می شود.

* میکای رایج سنگهای آذرین بیوتیت است، مسکوویت در بعضی از سنگهای گرانیتی دیده می شود، لیپدولیت در پگماتیتهای گرانیتی دیده می شود. فلوگوپیت در سنگهای غنی منیزیوم و فقیر از آهن مانند پریدوتیت ها یافت می شود.

* در فشارهای پایین منحنی پایداری مووسکویت زیر منحنی حداقل نقطه‌ی ذوب گرانیت قرار دارد؛ بنابراین حضور مووسکویت در گرانیتها مبین تبلور در فشار زیاد بخار آب می باشد.

* بیوتیت‌های غنی از Mg در سنگهای الترابازیک و بیوتیت‌های غنی از آهن در گرانیتها و سینیتهای نفلین دار دیده می‌شود.

* مقدار Al بیوتیت های موجود در گرانیتها و پگماتیت ها در بیشترین حد خود بوده و بیوتیت سنگهای الترابازیک در کمترین حد خود است.

* هرچه مقدار عناصر قلیایی در مذاب سیلیکاتی بیشتر باشد ویسکوزیته یا گرانروی افزایش می یابد.

* کاتیون های دو ظرفیتی باعث کاهش ویسکوزیته مذاب ها می شوند حتی اگر مقدار سیلیس بالا باشد.

* حضور مقدار کمی آب باعث کاهش ویسکوزیته و افزایش دی پلیمریزاسیون می‌شود و سیلیسیم و آلومنیوم را شبکه ساز می گویند.

* در هر سیستم حداکثر تعداد فازها تنها زمانی حاصل می شود که درجه‌ی آزادی حداقل باشد که این امر از طریق ثابت نگه داشتن دما و فشار ایجاد می شود.

* بازالتها و گابروها ترکیبشان عمدتاً از پلاژیوکلاز و پیروکسن است.

* بوون سیستم باقی مانده پتروژنزی را شامل $KAlSiO_4$-$NaAlSiO_4$-SiO_2 نامید.

* مسیر تبلور بستگی به نرخ انجماد و حضور و یا خروج بلورهای اولیه‌ی تشکیل شده دارد.

* تمام کانیهای فرومنیزین محلول جامد هستند.

* در الیوین هیچ شاهدی مبنی بر وقوع جایگزینی Si, Al وجود ندارد. در اغلب پیروکسن های ماگمایی مقدار Si جایگزین شده معمولاً کم است اما این مقدار در آمفیبول های ماگمایی بیشتر بوده.

* جانشین شدن آلومنیوم به جای سیلیسیم در آمفیبولها و پیروکسنها ظاهراً باعث افزایش پایداری گرمایی آنها می گردد.

* مهمترین کانیهای خارج کننده کلسیم از ماگما در مراحل ابتدایی تبلور پلاژیوکلاز و پیروکسن نوع اوژیت می باشد.

* پتاسیم تا مراحل بالایی تبلور در مایع باقی می ماند، زیرا بیوتیت و فلدسپار پتاسیم می توانند مقدار قابل ملاحضه ای از این عنصر را از مذاب خارج کند.

* اگر مگنتیت در ابتدای تبلور از ماگما خارج شود ماگمای بافی مانده از لحاظ آهن تهی شده اما از لحاظ ^{18}O تهی می شود زیرا مگنتیت دارای ^{18}O پایینی است. اگر این کانی در ابتدا تشکیل نشود ماگمای باقی مانده از آهن غنی شده و در عوض از ^{18}O تهی می شود.

* به طور کلی مقادیر^{18}O سنگهای آذرین با ازدیاد غلضت SiO_2 افزایش می یابد.

* مقادیر H_2, CO با درجه پلیمریزاسیون نسبت مستقیم دارد.

* ترکیب ارتوپیروکسن ها با افزایش فشار تغییر یافته و به طور فزآینده ای در آلومینیم غنی می شود.

* پیروپ و آلماندین نوعی گارنت می باشند که در نتیجه شکسته شدن پیروکسن‌های آلومنیوم دار در فشار بالا ایجاد می شود.

* تحت فشار بالا و در نواحی زیرین پوسته و جبه‌ی بالایی پتاسیم احتمالاً وارد ساختمان هورنبلند یا فلوگوپیت می شود.

* سرنوشت هر عنصر در ضمن تبلور ماگمایی به غلضت آن در ماگما و ماهیت شبکه های ساختمانی ای که ممکن است تشکیل شوند بستگی دارد.

* مقدار سیلیس و آلومنیوم و همچنین دما، عوامل کنترل کننده توالی شبکه بلوری هستند.

* تبلور ماگمایی از روی انرژی آزاد و آنتروپی درگیر در یک شبکه بلوری تعیین می شود.

* اگر دو یون دارای شعاع و بار الکتریکی یکسان باشند، هر دو با سهولت یکسان می توانند وارد شبکه بلوری شوند.

* اگر دو یون دارای شعاع نزدیک به هم اما بار الکتریکی یکسان باشد، یون کوچکتر با سهولت بیشتری می تواند وارد شبکه بلوری شود.

* اگر دو یون دارای شعاع یونی نزدیک به هم اما بار الکتریکی متفاوت باشد یونی که بار الکتریکی بیشتری دارد راحتتر می تواند وارد شبکه بلوری شود

* **استتارشده**: اگر یک عنصر جزئی دارای بار الکتریکی مساوی و شعاع یونی نزدیک به یک عنصر اصلی باشد. عنصر جزئی در شبکه بلوری در بردارنده عنصر اصلی استتار شده است. به عنوان مثال حضور Ga در ساختار کانیهای Al دار

* **پذیرفته شده:** اگر یک عنصر جزئی دارای شعاع یونی مشابه اما بار الکتریکی کوچکتر از عنصر اصلی باشد. عنصر جزئی شبکه بلوری در بردارنده عنصر اصلی پذیرفته شده است. حضور Li در ساختمان کانیهای Mg دار

* **اسیر شده:** اگر یک عنصر جزئی دارای شعاع یونی مشابه اما بار الکتریکی بزرگتر از عنصر اصلی باشد این عنصر در شبکه بلوری در بردارنده عنصر اصلی اسیر شده است. حضور Ba^{+2} در ساختار کانیهای K دار.

* هرگاه جایگزینی بین دو عنصر با الکترونگاتیویته های متفاوت در یک بلور میسر باشد، عنصر دارای الکترونگاتیویته کمتر به طور ترجیحی وارد شبکه کانی می شود.

* یکی از مقیاس های ساده برای اندازه گیری احتمال تشکیل یک کمپلکس بوسیله یک عنصر پتانسیل یونی یا به بیان دیگر نسبت با به شعاع یونی است.

* عناصری که پتانسیل یونی بالایی هستند میل به تشکیل کمپلکس دارند.

* عناصری که پتانسیل یونی آنها بین ۰٫۶ تا ۲٫۵ است به صورت یونهای آزادی عمل می کنند که در حفرات موجود در شبکه‌ی پلیمر های سیلیس جای می گیرند.

* عناصری که پتانسیل یونی آنها بین ۲٫۵ تا ۴٫۸ است بین انواع کمپلکس و غیر کمپلکس به حالت تعادل باقی می مانند. در بیشتر ماگماها این عناصر رفتاری شبیه به رفتار یونهای آزاد دارند اما در محلول های غنی در اکسیژن کمپلکس تشکیل می دهند.

* غلضت هر در حال تعادل از روی ترکیب ماگما تعیین می شود.

* عناصری که پتانسیل یونی بالاتر از ۴,۸ دارند کمپلکس هایی را تشکیل می دهند که می تواند بـه شـبکه سیلیس متصل شده و نشود.

* کمپلکس های غیر چهار وجهی نمی توانند به آسانی وارد کانیهای سیلیکاتی شوند بنـابراین در ماگمـا ی باقی مانده تجمع پیدا می کنند به عنوان مثال کمپلکس های کربنات $CO3^{-2}$ و برات BO_3^{-3}

* هر چه بار الکتریکی وارده بر کاتیون مرکـزی بیشـتر باشـد کمـپلکس بـا سـهولت کمتـری وارد سـاختار سیلیکاتی می شود؛ بنابراین کمپلکس هایی که بار الکتریکی وارده بر کاتیون مرکزی آنها بیشتر از ۴ باشد در فاز سیال ماگما تجمع پیدا می کنند؛ مانند SO_4^{-2}, WO_4^{-2}, PO_4^{-3}.

* کانیهای در بردارنده این کمپلکس های دفع شده معمولاً در پگماتیت ها و کانسارهای هیـدروترمال دیـده می شود.

* اندازه یونی عناصر واسطه ایجاب می کند که این عناصر در بلور سیلیکاتی کوردینانسیون هشت وجهـی و در ماگماهای مادر کوردینانسیون چهار وجهی تشکیل می دهند.

* در بین کانیهای سنگ ساز سزیم (Cs) بیشتر در بیوتیت جمع می شود تا فلدسپار پتاسیم، علت این امـر بزرگتر بودن موضع پتاسیم در بیوتیت در مقایسه با موضع آن در فلدسپار است. بیشـترین مقـدار سـزیم در لپیدولیت و میکروکلین می باشد اما در غلظت های بالا Cs در مایعات پگماتیتی کانی پلوسیت تشکیل مـی شود.

* روبیدیوم (Rb) کانی خاص خود را تشکیل نمی دهد و در کانیهای پتاسیم دار عنصری پذیرفته شده مـی باشد؛ بنابراین با پیشرفت تفریق نسبت Rb/K نیز زیاد شده و در فلدسپار و میکای پگماتیتهـا بـه حـداکثر خود می رسد.

* باریوم (Ba) در کانیهای پتاسیم دار به صورت اسیر شده و در کانی پلاژیوکلاز به صورت عنصـر پذیرفتـه شده می باشد

* سرب در سنگهای گرانیتی جایگزین پتاسیم می شود به علت الکترونگاتیویته بالای سـرب ایـن عنصـر در شبکه کانیهای پتاسیم دار پذیرفته شده می باشد.

* استرنسیوم در کانیهای کلسیم دار به صورت پذیرفته شده وارد مـی شـود و فرآینـد اصـلی خـارج کـردن استرانسیوم از ماگما پذیرفته شدن آن به جای کلسیم است.

*عناصر نادر خاکی بار الکتریکی و شعاع یونی نسبتاً زیاد دارند. این عناصر میل کمـی بـه جـایگزین کـردن عناصر اصلی طی تبلور ماگمایی دارند و این مطلب از روی غلضت بالای عناصـر نـادر خـاکی در هـر یـک از کانیهای پگماتیت تایید می شود.

* آپاتیت مهمترین کانی در سنگهای آذرین است که حمل کننده عناصر نادر خاکی می باشد. از دیگر کانیها می توان به آلانیت، تیتانیت و اپیدوت اشاره کرد.

* عناصر نادر خاکی به خاطر تغییر بسیار ملایم شعاع یونی نمایشگرهای حساسی برای فرآینـدهای مختلـف آذرین محسوب می شود.

* کمترین الگوی تفکیک یافته مربوط به بازالت های اقیانوسی است و بیشترین تفکیک در گرانیتها دیده می شود.

* عناصر نادر خاکی سنگین در پریدوتیتها غنی شدگی نشان می دهند. مهمترین کانیهای حمل کننده ایـن عناصر کلینوپیروکسن و گارنت می باشد.

* عناصر نادر خاکی سبک در گرانیت های قاره ای غنی شدگی نشان می دهند.

* آنورتوزیت سنگی است که اساساً از پلاژیوکلاز تشکیل شده است. Eu در بین عناصر نادر خاکی در حالت دو ظرفیتی حالتی پایدار دارد بنابراین در سنگهای غنی از فلدسپار معمولاً آنومالی مثبتی Eu را نشـان مـی دهند و این آنومالی در شخانه های غنی در فلدسپار و سنگهای کره ماه برجسته تر است.

* منگنز انرژی پایداری میدان بلوری ندارد و اندازه یزرگتر یون منگنز باعث می شود که این عنصر به صورت پذیرفته شده در کانیهای فرومنیزین حضور یابد.

* زیرکنیوم به دلیل داشتن بار و شعاع نسبتاً زیاد وارد کانیهای رایج سنگ ساز نمی شـود و در فـاز خاصـی (کانی زیرکن) حضور می یابد. این کانی در محصولات نهایی تفریق ماگما به وفور یافت می شود.

* هافنیوم (Hf) بار الکتریکی و شعاع یکسانی با زیرکنیوم دارد. لذا همیشـه در کانیهـای زیرکنیـوم دار بـه صورت استتار شده حضور دارد

* اسکاندیم (Sc) در کانیهای فرومنیزین به صورت اسیر شده وجـود دارد. پیروکسـنهای ماگمـایی معمـولاً تغلیظی نسبی از اسکاندیم نشان می دهند. این عنصر به دلیل داشـتن ۳ بـار الکتریکـی مثبـت در کانیهـای الیوین وارد نمی شود.

* کبالت در ترکیبات فرو به صورت استتار شده وارد می شود بنابراین در کانیهـایی کـه در مراحـل ابتـدایی تبلور ماگمایی خارج می شوند در بیشترین حد خود بوده و با افزایش تفریق مقدار آن کاهش می یابد. بخش اعظم کبالت ماگما در کانیهای منیزیوم دار اولیه به خصوص الیوین وارد می شود.

* نیکل اساساً دارای همان بار و شعاع یونی منیزیوم اسـت و بنـابراین در کانیهـای منیزیـوم دار بـه صـورت استتار شده وجود دارد بیشترین مقدار نیکل در کانیهایی که در مراحل ابتدایی تبلور از ماگما خارج می شود در بیشترین حد خود می باشد.

* لیتیوم در کانیهای منیزیوم‌دار به صورت پذیرفته شده است و نسبت Li/Mg در سنگها و کانیهایی که در اواخر تفریق ماگمایی تشکیل می شوند افزایش یکنواختی نشان می‌دهد. از این رو از این نسبت می توان بـه عنوان نمایه‌ای برای مشخص کردن مرحله‌ی تفریق سنگ استفاده نمود. پگماتیتها اغلب دارای مقـدار قابـل ملاحضه ای لیتیوم بوده و این عنصر در فقدان عملی منیزیوم کانیهای مجزایی مانند لپیدولیت، اسـپودومن، آمبلیگونیت و پتالیت را می سازد.

* الکترونگاتیویته کمتر و انرژی بلوری بیشتر باعث می شود که عنصر به صـورت اسـیر شـده وارد کانیهـای عناصر اصلی شود.

* وانادیوم در مگنتیت غنی شدگی نشان می دهد و این عنصر به صورت اسیر شده وارد شبکه مگنتیت می شود.

* کرم در مراحل اولیه تبلور ماگمایی به صورت کانی کرومیت از ماگما خارج می شود بنابراین کرم در پیروکسن ها بخصوص پیروکسن های سنگهای الترابازیک جمع می شود.

* تیتانیوم در سنگهای آذرین به صورت ایلمنیت حضور دارد این عنصر در پیروکسن، هورنبلند و بیوتیت به صورت اسیر شده حضور دارد. در ماگماهای سیلیسی، تیتانیوم در کانی مووسکویت وارد نمی شود و به صورت کانی تیتانیت از ماگما خارج می شود.

* گالیوم در کانیهای Al دار به صورت استتار شده می باشد. نسبت Ga/Al در مراحل آخر تفریق ماگمایی افزایش می یابد و Ga در فلدسپارها و میکاهای پگماتیت ها غنی می شود.

* ژرمانیوم جانشین سیلیس می شود و در چنین کانیهایی به صورت استتار شده وارد می شود.

* بسیاری از عناصر کالکوفیل بیشتر در سیلیکاتها جای می گیرند تا سولفیدها و علت این امر ثبات گرمایی بیشتر سولفیدها است.

* رفتار عناصر جزئی در تبلور تفکیکی و ذوب جزئی اطلاعات مفیدی را در رابطه با منشاء و تکوین شیمیایی ماگما ها ارائه می کند.

* عناصر اسیر شده ضریب شرکت پذیری (K) بالایی دارند. عناصر پذیرفته شده (K) پایینی دارند و تا مراحل پایانی تبلور باقی می مانند. در شرایطی که مقدار (K) ثابت باشد عناصر به صورت استتار شده وارد کانیها می شوند.

* پگماتیتها درشت بلور بوده و علت این امر ناشی از ویسکوزیته پایین و غلظت مواد فرار است که اجازه تشکیل بلورهایی درشت را می دهد.

* مذاب های باقی مانده از تبلور تفکیکی ماگما به طور کلی مایعی غنی در سیلیس، قلیایی ها و آلومنیوم خواهد بود که حاوی آب و سایر اجزای فرار بوده و غلظت آن دسته از عناصری که نمی توانند وارد شبکه‌ی کانیهای رایج سنگهای آذرین شوند، در این مایع زیاد است.

* مهمترین دگرسانی در اطراف پگماتیتها گریزانی شدن می باشد.

* بیشتر پگماتیتها از نظر کانی شناسی و شیمیایی ساده بوده و دارای کانیهای کوارتز و فلدسپار می باشند.

* کانسارهای قلع همیشه با گرانیت ها همراه می باشند.

مطالعه‌ی ایزوتوپهای اکسیژن و هیدروژن نشان می دهد که آبهای زیر زمینی دارای منشاء جوی سهم عمده ای در تشکیل بیشتر کانسارهای هیدروترمال دارند.

*غلظت بالای کلرید ظاهراً مکانیزم لازم برای انحلال و انتقال فلزات در محلول های هیدروترمال را فراهم می کند.

* تغییرات دما و فشار بر روی تعادل کمپلکس ها تاثیر گذاشته و حلالیت آنها را کاهش می دهد.

* اثرات رقیق شدگی ناشی از مخلوط شدن شورابه های غلیظ با آبهای زیر زمینی نیز مکانیزم احتمالی رسوبگذاری بعضی سولفیدها را فراهم می کند.

* با تغییر فوگاسیته اکسیژن تغییرات اساسی ممکن است در ترکیبات گوگردی رخ دهد. H_2S نوع غالب گوگردی در ماگماهای احیاء کننده است اما در شرایط اکسید کننده SO_2 از اهمیت بیشتری برخوردار است.

رسوبگذاری و سنگهای رسوبی:

* رسوبگذاری عملکرد متقابل اتمسفر و هیدروسفر بر روی پوسته زمین است

* کاتیون های یک و دو ظرفیتی به آسانی به صورت محلول در می آیند، اما رفتار Al و Si هنوز به درستی شناخته نشده است؛ اما فرض بر این است که سیلیکاتهای آلومنیوم هیدرولیز گردیده و اسید سیلیسیک کلوئیدی و هیدروکسید آلومنیوم تشکیل می شود.

* سرنوشت نهایی عناصر مختلف تا حدود زیادی به ثبات نسبی یون آنها در آب بستگی دارد. فلزات قلیـایی با ثبات ترین یونها بوده و به دنبال آنها قلیاییهای خاکی قرار می گیرند. بخش عمـده ای از ایـن عناصـر بـه صورت محلول حمل می شوند و آلومنیوم و سیلیسیم به صورت نامحلول رسوب می کند.

* خاک از سه افق (A, B, C) تشکیل شده است. افق B یک منطقه تجمع است که از کانیهای رسی غنـی شده است و اغلب رنگ قهوه ای متمایل به قرمـز و یـا قهـوه ای متمایـل بـه زرد دارد کـه ناشـی از تجمـع اکسیدهای آهن است. عناصر جزئی و فرعی در افق B غنی شده اند.

* تبدیل سنگ مادر به خاک معمولاً با کاهشی مشخص در مقدار K, Na, Mg, Ca و کاهش کمتـری در عناصر Al و Fe و افزایش Si همراه است.

* نیمرخ های خوب تفریق یافته خاک از روی غنی شدگی اکسیدهای آهن یا مواد آلی مشخص می شود.

* فراوانترین سنگهای رسوبی شامل شیل، ماسه سنگ و آهک می باشد.

* سیمای مهم ترکیب شیمیایی سنگهای رسوبی فزونی پتاسیم بر سدیم، افزایش نسبت مولی آلومنیـوم بـه قلیاییها و کلسیم از ۱:۱، سیلیس بالای سنگهای ماسه ای و چرتی، بالا بـودن مقـدار کلسـیم و منیزیـوم در کربناتها، حضور آهن عمدتاً به حالت فریک است.

* ترتیب پایداری کانیهای سنگهای آذرین در مقابل هوازدگی عکس آن چیزی است کـه در سـری واکـنش های بوون دیده می شود.

* فلدسپارهای قلیایی در شرایط سطحی نیز می توانند تشکیل شوند بدین ترتیب که عمل انحلال در سرایط اسیدی رخ می دهد در حالیکه در محیط‌های قلیایی فلدسپارهای درجازا تشکیل می شود.

* با افزایش سن کربناتها مقدار آراگونیت کاهش می یابد و به فرم پایدارتر کلسیت تبدیل می شود.

* تغییرات انرژی آزاد در فرآیند دولومیتی شدن کلسیت منفی است به عبارت دیگر ایـن فرآینـد خـودانگیز است.

* کانیهای رسی محصولات ثانوی باثباتی هستند که از تخریب سایر سیلیکاتهای آلومنیوم به دست می آیند.

* کانیهای رسی دیکتیت و ناکریت در شرایط گرمابی تشکیل می شوند و در رسوبات دیده نمی شود.

* تشکیل کائولینیت نیاز به محلول های اسیدی، مقدار پتاسیم کم و زهکشی مناسب است.

* تشکیل اسمکتیت نیاز به محلول های قلیایی با Ca^{+2}, Mg^{+2}, Na^{+} فراوان دارد.

* مونتموریلونیت دارای شبکه‌ی قابل انبساطی بوده و خاصیت ورم کردن بنتونیت ها در آب به خاطر مونت موریلونیت موجود در آنها است.

* ترکیب شیمیایی مونتموریلونیت ها به شدت متغیر است. اگر در ترکیب شان آهن سه ظرفیتی قرار گیرد (نانتورونیت)، منیزیوم (ساپونیت)، روی (ساکونیت)، آلومنیوم (بدلیت) ایجاد می شود.

* یکی از اجزای رایج در شیل ها و رس ها ماده ای است که به ایلیت یا میکای آبدار شهرت دارد. این کانی مخلوطی از مونت موریلونیت + مووسکویت در اندازه رس می باشد.

* عامل اصلی تعیین کننده ماهیت رس در درجه‌ی اول خصلت شیمیایی ماده مادر و سپس محیط فیزیکوشیمیایی دگرسانی مواد است.

* کائولینیت در بین کانیهای رسی دارای بیشترین مقدار Al/Si را دارا می باشد. این کانی در محیط های اسیدی از تجزیه فلدسپارهای قلیایی ایجاد می شود. تشکیل مونت موریلونیت در محیط های خنثی تا قلیایی و از تجزیه کانیهای فرومنیزین، فلدسپارهای کلسیم دار و خاکسترهای آتشفشانی ایجاد می شود.

* غلظت نسبتاً بالای پتاسیم و منیزیوم در کلریت احتمالاً یکی از مکانیزم های مهم در در تنظیم ترکیب آب دریا است.

* پتانسیل یونی نسبت بارلکتریکی به شعاع یونی است. پتانسیل یونی در واقع مقیاسی از الکترونگاتیویته است، زیرا هرچه شعاع یون مثبت کوچکتر بوده و بار الکتریکی آن بیشتر باشد اکسید آن نیز اسیدی تر خواهد بود. در مقابل هرچه شعاع یون بزرگتر و بار الکتریکی آن کمتر باشد اکسید حاصل نیز بازی تر خواهد بود.

* پتانسیل یونی هر عنصر در تعیین محل رسوبگذاری در حین تشکیل سنگهای رسوبی نقش اساسی داشته و در تمام فرآیندهای کانی ساز محیط های آبگین نقش مهمی ایفاء می کند.

* عناصر Ti, Al, Be با هم رسوب می کنند زیرا پتانسیل یونی مشابهی دارند.

* عناصری که پتانسیل یونی پایینی دارند مانند سدیم، کلسیم و منیزیوم در ضمن فرآیندهای هوازدگی و انتقال به صورت محلول باقی می مانند. عناصری دارای پتانسیل یونی حدواسط به وسیله فرآیندهای هیدرولیز رسوب کرده و یون آنها با گروه هیدروکسیل محلول های آبگین همجوار می شود. عناصری که پتانسیل یونی باز هم بیشتری دارند آنیون های اکسیژن دار معمولی تشکیل می دهند.

* در بسیاری از سنگهای رسوبی محصولات هیدرولیز و اکسیداسیون در یک رسوب با هم دیده می شوند.

* آهن در محیط هایی با PH پایین و احیایی به صورت فرو حمل می شود و در محیط های قلیایی و اکسیدان به صورت فریک رسوب می کند.

* PH آبهای طبیعی بین ۴ و ۹ تغییر می کند.

* هرچه محلول قلیایی تر باشد اکسیداسیون راحتر صورت می گیرد.

* منگنز در محیط های اسیدی به صورت محلول بوده و در محیط های قلیایی و اکسیدان پیرولوزیت (MnO_2) فاز پایدار می باشد.

* سه عنصر آهن، نیکل و کبالت در رسوبات اولیه اغلب با هم دیده می شوند با این حال وجود فرآیندهای سوپرژن می تواند باعث جدایش آنها از هم شود.

* هوازدگی سنگهای الترابازیک با تشکیل لاتریت های نیکل دار با کانی ثانویه نیکل‌دار گارنیریت همراه است.

* حلالیت منگنز از آهن بیشتر بوده بنابراین نهشت آن با فاصله و بعد از ته نشست آهن و در محیط هایی با پتانسیل اکسیداسیون بالا صورت می گیرد.

* آب رودخانه ها اسیدی و اکسیدان بوده در حالیکه در قسمتهای عمیق آبهای اقیانوسی محیط اسیدی و احیایی است.

* در فرآیندهای رسوبگذاری سیستم جامد و مایع از اهمیت بالایی برخوردار است (سل، ژل و خمیره) که آب نقش مایع را در این سیستمها ایفاء می‌کند.

سولها سیستمهایی هستند که از نظر خواص فیزیکی به مایعات شباهت دارند، بنابراین به آسانی جریان جریان یافته و فاقد سختی می باشند.

*سولها در آب به دو دسته هیدروفیلی و هیدروفوبی تقسیم می شوند.

* سول های هیدروفوبی ناپایدارتر از سولهای هیدروفیلی می باشند و زودتر رسوب می کنند.

* سیلیس ماده ای است که تشکیل سول هیدروفیلی می دهد و در مقابل آلومنیوم تشکیل سول هیدروفوبی می دهد.

* حالت کلوئیدی همیشه یک حالت نیمه پایدار است. افزایش اندازه ذرات منجر به کاهش مساحت کل گردیده و در نتیجه باعث کاهش انرژی آزاد سیستم می گردد بنابراین تمام کلوئیدها از دیدگاه نظری ناپایدار هستند.

* یکی از خواص مهم ذرات کلوئیدی توانایی آنها در پیوستن به برخی مواد خاص و جمع کردن این مواد از طریق جذب سطحی است.

* جذب سطحی فیزیکی به وسیله‌ی دماهای جذب پایین و اتصال ضعیف ماده‌ی جذب شده به ماده‌ی جاذب مشخص می‌گردد از طرف دیگر جذب سطحی شیمیایی از روی دمای بالای جذب و یا پیوند شیمیایی قوی مشخص می‌گردد.

* کانیهای رسی و مونت موریلونیت ظرفیت جذب سطحی بالایی دارند. جذب سطحی شیمیایی یونهای پتاسیم بوسیله مونت موریلونیت ممکن است منجر به تشکیل ایلیت گردد.

* ذرات کلوئیدی و رس‌ها به عنوان جذب کنندها عمل می‌کنند لذا در اینجا با یک روند سیستماتیک مسمومیت زدایی توسط این مواد رو به رو هستیم.

* عناصر قلیایی (Na, K) در تبخیریها، (Ca, Mg) در کربناتها، (Fe) در اکسیدان ها، (Al, Si) در هیدرولیزاتها و کانیهای رسی و (Si) در پلاسرها غنی شدگی نشان می دهند.

* اکثر عناصر جزئی بیشتر در شیل ها تجمع پیدا می کنند تا در سایر سنگهای رسوبی.

* مگنتیت، ایلمنیت، روتیل، کاستریت، مونازیت، طلا و پلاتین کانیها و عناصر مقاومی بوده و در ماسه ها تجمع پیدا می کنند.

* عناصر گروه سوم و چهارم جدول تناوبی در رسوبات هیدرولیزات غنی شدگی نشان می دهند.

* شیل ها تجمعی از عناصری که دارای پتانسیل یونی متوسط بوده و همچنین عناصری مانند پتاسیم که به آسانی بوسیله ذرات کلوئیدی جذب سطحی می شوند را نشان می دهند.

* شیلهای سیاه، بیتومن و بوکسیت ها مهمترین رسوبات هیدرولیزات کننده می باشند.

* شیل ها به عنوان منابع پتانسیل دار اورانیوم دارای اهمیتی بسیار بیشتر از رسوبات اولیه می باشند.

* کربنات کلسیم نخستین ترکیب جامدی است که در شرایط طبیعی از تبخیر آب دریا بدست می آید.

* با ادامه تبخیر سولفات کلسیم از آب دریا رسوب می کند هنگامی که مقدار شوری به ۳/۳۵ مقدار طبیعی آن افزایش می یابد ژیپس شروع به جدا شدن از محلول کرده و پس از اینکه تقریباً ۱/۲ از کل مقدار سولفات کلسیم رسوب نمود، انیدریت فاز پایدار می شود. هنگامی که حجم محلول به یک دهم حجم اولیه خود می رسد، جدا شدن هالیت شروع می شود. سپس انیدریت و هالیت با هم ته نشین می شوند و این ته نشینی تا زمانی که به حوضه پایداری پلی هالیت برسد ادامه می یابد.

* هنگامی که حجم آب دریا به ۱/۵۴٪ حجم اولیه خود می رسد، نمکهای پتاسیم و منیزیوم شروع به تبلور و ته نشین شدن می کند.

* تمام سنگهای کربناته از سنگهای آذرین قاره ای حاصل شده اند.

* بخش بزرگی از مواد سازنده رسوبات کربناتی از دگرسان شدن سنگهای آتشفشانی زیر دریایی به دست می آید.

ژئوشیمی ایزوتوپی:

* عناصری که برای بررسی‌های ژئوشیمیایی انتخاب می شوند شامل آن دسته از عناصری است که دارای دو یا تعداد بیشتری ایزوتوپ بوده و اختلاف فراوانی ایزوتوپی آنها نیز قابل اندازه گیری است.

* ایزوتوپهای رادیوژنیک شامل آرگون، استرانسیوم، سرب، نئودیمیوم و ایزوتوپهای پایدار شامل اکسیژن، گوگرد، کربن، هیدروژن و سیلیس می باشد.

* ایزوتوپهای استرانسیوم به عنوان یک ردیاب برای نشان دادن منشاء پوسته ای یا جبه ای ماگمای تشکیل دهنده سنگهای آذرین بسیار مفید می باشند.

* غلضت ^{87}Sr ماگمای حاصل از جبه نسبت به ماگمایی که از ذوب پوسته ایجاد شده است کمتر است و علت این امر پایین بودن مقدار ایزوتوپ رادیو اکتیو مادر ^{87}Rb در جبه نسبت به پوسته است.

* اگر اختلاف جرم نسبی بین ایزوتوپهای پایدار زیاد باشد تغییرات ایزوتوپهای پایدار را به آسانی می توان مشخص کرد.

* تفکیک ایزوتوپهای پایدار با بالا رفتن دما کاهش می یابد؛ بنابراین ابزار مفیدی برای اندازه گیری دما و نتیجه گیری درباره منشاء سنگها و سیالات است.

* در مورد اکسیژن نسبت $^{18}O/^{16}O$ و $^{2}H/^{1}H$ تغییر در هزار اندازه گیری می شود و استاندارد آن میانیگن آب اقیانوس (SMOW) می باشد. در مورد کربن $^{13}C/^{12}C$ اندازه گیری می شود و استاندارد آن کربنات یک بلمینت کرتاسه (PDB) است. در مورد گوگرد نسبت $S/^{32}S$۳۴ اندازه گیری می شود و استاندارد آن شخانه کانون دیابلو می باشد.

* تغییرات ایزوتوپی از اختلاف جرم بین ایزوتوپها که باعث بروز اختلاف در فرکانس ارتعاش اتمها در ملکول یا بلور می شود ناشی می گردد.

* ایزوتوپهای سبک آسانتر از پیوندهای تشکیل شده بوسیله ایزوتوپهای سنگین شکسته می شود. همچنین ملکول های تشکیل شده از ایزوتوپهای سبک آسانتر از ملکول های تشکیل شده بوسیله ایزوتوپهای سنگین واکنش می کنند.

* ایزوتوپ‌های سبک در واکنش های برگشت ناپذیر غنی می شوند.

* اندازه گیری ایزوتوپ های اکسیژن از طریق طیف نگاری جرمی بر روی اکسیژن موجود در گاز CO_2 انجام می شود.

* فرآیند تفکیک ایزوتوپ اکسیژن در سنگهای آذرین به تعادل (۰) نزدیک است. با استفاده از اختلاف $\delta^{18}O$ زوج کانیهای همجوار دمای تشکیل را تشخیص داد.

* در بین کانیهای رایج سنگ ساز کوارتز بیشترین مقدار غنی شدگی در ^{18}O را نشان داده و پس از آن به ترتیب فلدسپارها، مسکوویت، آمفیبول ها، پیروکسنها، بیوتیت و الیوین قرار دارند. کانیهای اکسیدی مگنتیت و ایلمنیت کمترین مقدار تفکیک را نشان می دهند.

* تغییراتی که با توجه به وزن اتمی نسبتاً بالای گوگرد به نظر می رسد که تا حدود زیادی حاصل عمل باکتریهای احیاء کننده سولفات هستند. این باکتریها سولفیدهایی غنی در ^{32}S تولید کرده و در نتیجه سولفات باقی مانده در ^{34}S غنی می‌شود.

* سولفیدهای رسوبی غنی شدگی ^{32}S و سولفات های رسوبی غنی شدگی ^{34}S را نشان می دهند.

* کربناتهای دریایی بیشترین غنی شدگی ^{13}C و نفت غیر دریایی کمترین غنی شدگی ^{13}C را نشان می دهد.

* شخانه ها تغییرات بزرگی را در ایزوتوپهای کربن نشان می دهند. این امر ناشی از حضور چندین فاز کربن دار در انواع مختلف شخانه هاست.

* بیشتر تفکیک های معدنی ایزوتوپ کربن از اثرات تعادلی آن ناشی می شود.

* کمبود ^{13}C نشان دهنده گسترش مواد آلی است که غنی از ^{12}C می باشند.

* مینیموم مقدار ^{13}C در دوره های دونین و کرتاسه احتمالاً تاشی از گسترش گیاهان خشکی و گیاهان گلدار در این زمان هاست.

* آبهای نزدیک استوا از نظر ترکیب ایزوتوپی هیدروژن و اکسیژن به آب دریا شباهت دارد.

* همراه با تبخیر یا تقطیر آب ایزوتوپهای D و ^{18}O در فاز مایع جمع می شوند.

* آبهای زیر زمینی اکسیژن خود را با کانیهای کربناته و سیلیکاتی مجاورشان مبادله می کنند به هر حال ایزوتوپهای هیدروژن کمترین مقدار تبادل را انجام می دهند زیرا در سنگهایی که آب از آنها عبور می‌کند هیدروژن نسبتاً کمی وجود دارد.

* تغییرات ایزوتوپی سلنیوم ناشی از فعالیت بیوشیمیایی و تغییرات بُر نیز به وارد شدن انتخابی ^{10}B به کانیهای رسی در مقایسه با ایزوتوپ سنگین تر ^{11}B نسبت داده می شود.

* اورانیوم و توریوم در کانیهای غنی از اورانیوم و معمولاً در رسوبات پگماتیتی جمع شده و گاهی اوقات نیز با کانیهای سولفیدی سرب دار همراه هستند.

* ترکیب سرب شخانه های آهنی مشابه ترکیب سرب اولیه در زمان تکوین پوسته زمین است.

* واپاشی ^{40}K به ^{40}Ar یکی از واکنشهایی است که بیش از همه در تعیین سن زمین شناسی به کار رفته است

* میکاها و آمفیبولها در بین کانیهای سنگ ساز بهترین نگهدارنده های آرگون هستند، فلدسپارها نگهدارنده های آرگون ضعیفی هستند.

* نسبت $^{87}Sr/^{86}Sr$ در کانیهای Rb دار با گذشت زمان این نسبت افزایش می یابد.

* ماگماهای حاصل از ذوب سنگهای پوسته ای در مقایسه با ماگماهای حاصل از جبه‌ی بالایی دارای نسبت های بالاتری از $^{87}Sr/^{86}Sr$ می باشند.

* ^{14}C یک ساعت واپاشی است تا یک ساعت انباشتی.

* داده های ^{14}C در تفسیر وقایع زمین شناسی در پلئیستوسن و هولوسن بکار می رود.

اتمسفر:

* اتمسفر به عنوان محیط انتقال همنه های بسیاری از واکنش های ژئوشیمیایی سطح زمین عمل می کند.

* مسئول چرخه ژئوشیمیایی عناصری مانند گوگرد، کربن و هالوژن ها اتمسفر است.

* اوزون بخش اعظم آن در استراتوسفر می باشد و وظیفه آن جذب تشعشعات ماورای بنفش خورشید است.

* ترکیب اتمسفر ساده بوده و تقریباً از ۳ عنصر نیتروژن، اکسیژن و آرگون تشکیل شده است.

* جریان های همرفتی در ارتفاع کمتر از ۶۰ کیلومتر باعث ثابت ماندن نسبت همنه های مختلف می شود در بالاتر از این ارتفاع، جدایش ثقلی را می توان بر اساس وزن ملکولی مشاهده نمود. به لایه ای از اتمسفر که در ارتفاع کمتر از ۶۰ کیلومتری قرار دارد هموسفر می گویند.

* همنه های اتمسفری به صورت تراکم عددی یا تعداد ملکول در سانتی متر مکعب ارائه شده است.

* بخش پایینی اتمسفر که همرفتی در آن جریان غالب است تروپوسفر نام دارد و بالای آن استراتوسفر واقع شده است. در تروپوسفر دما توام با افزایش ارتفاع کاهش می یابد.

* مرز بین تروپوسفر و استراتوسفر با تغییر فصول و عرض جغرافیایی تغییر می کند.

* در ارتفاع بیش از ۸۰ کیلومتری استراتوسفر به خاطر یونیزاسیون القایی ناشی از تشعشعات ماورای بنفش خورشید هادی و به یونسفر تبدیل می شود.

* نیمه عمر متوسط میانگین یا متوسط زمان حضور یک ملکول را در اتمسفر به ما می دهد. در مورد اکسیژن به نظر می رسد که یک ملکول اکسیژن به طور متوسط هر ۲۰۰۰ سال یک مرتبه چرخش کند. نیمه عمر متوسط دی اکسید کربن ۳۰ سال است و برای ازت ۱۰ تا ۱۰۰ میلیون سال است.

* اکثر واکنش های کنترل کننده ازت حرکت نیتروژن منشاء بیولوژیک دارد.

* ثابت شدن بیولوژیکی ازت می تواند هم دربرگیرنده اکسیداسیون برای تولید نیترات و نیتریت و هم احیاء برای تولید آمونیوم باشد.

* تعادل اکسیژن اتمسفر به وسیله بیوسفر و از طریق فرآیند فتوسنتز تنظیم می شود.

* منبع اصلی اکسیژن فتوسنتز و مصرف کننده اصلی تنفس است.

* فرآیند اصلی کنترل کننده غلظت دی اکسید کربن در اتمسفر حلالیت و واکنش آن با آب است. دی اکسید کربن بیشتر از نیتروژن و اکسیژن در آب حل می شود حلالیت نسبی N_2, O_2, CO_2 به صورت ۱، ۲، ۷۰ می باشد.

* بیشترین مقدار ازت و اکسیژن در اتمسفر قرار دارد در حالیکه بخش اعظم دی اکسید کربن آزاد در اقیانوس ها جای گرفته است.

* گازهای نجیب به خصوص آرگون به عناصر اتموفیلی معروف می باشند زیرا وارد واکنشهای شیمیایی که می توانند باعث انتقال آنها شوند نمی گردند. فراوانی آرگون در مقایسه با گازهای نجیب دیگر غیر عادی است زیرا این گاز محصول واپاشی ^{40}K در پوسته زمین بوده و طی زمان زمین شناسی بطور فزآینده ای انباشته شده است.

* ازمیان اجزای متغییر اتمسفر بخار آب مهمترین جزء بوده و مقدار ۰٫۰۲ تا ۴ درصد وزنی تغییر می کند.

* گازهای سولفوری اجزای موقت هوا را تشکیل می دهند زیرا حلالیت این گازها در آب زیاد بوده و بوسیله آب باران شسته و خارج می شود. میانگین جهانی اقامت SO_2 حدود ۴۰ روز است.

* کلرید سدیم در بین اجزای موقت اتمسفر از اهمیت زیادی برخوردار است و مقدار آن در نزدیکی دریا در بیشترین حد خود بوده و با دور شدن از خط ساحل سریعاً کاهش می یابد.

* منشاء اصلی برم و ید آب اقیانوسهاست

* نشانه هایی از اتمسفر اولیه را می توان در رسوبات قدیمی ای که در تماس با این اتمسفر تشکیل شده اند مشاهده نمود.

* بر اساس فرضیه سیارک ها بیشتر اجزای اتمسفر از درون زمین نشات گرفته است و قوی ترین دلیل برای این مطلب مقایسه ی فراوانی عناصر زمین وکیهان می باشد.

* قبل از تشکیل هسته، آهن در بخش بالایی جبه حضور داشته، گازهای آتشفشانی در حال تعادل بـا آهـن آزاد عمدتاً از H_2، H_2O، CO همراه با مقادیر جزئی N_2، CO_2، H_2S تشکیل می شده. هیدروژن احتمـالاً جزء غالب بوده.

* جدا شدن آهن فلزی از جبه باعث شد که جبه ترکیبی سیلیسی یافته و اساساً ترکیب آن شبیه بـه جبـه امروزی شود. گازهای آتشفشانی پس از این واقعه در مقایسه با گازهای خروجی مرحله اول اکسیده تر بوده و ترکیبشان احتمالاً شبیه گازهای آتشفشانی آتشفشانهای هاوایی بود. اتمسفر در این مرحله عمدتاً شامل N_2 و مقادیر ناچیزی CO_2 و H_2O بود.

* گیاهان فتوسنتز کننده حداقل ۱,۷ تا ۲ میلیارد سال پیش وجود داشته اند و اکسیژن اتمسفر برای اولین بار حدود ۱,۲ میلیارد سال پیش در مقادیر نسبتاً زیاد در دسترس قرار گرفت.

* آهن فرو بزرگترین مصرف کننده اکسیژن در اقیانوسهای قدیمی بوده و این امر باعث عقب افتادن حضـور اکسیژن آزاد در اتمسفر شده است.

* پایین بودن گازهای نادر در زمین نشان می دهد که زمین در تاریخ اولیه خود فاقد اتمسفر بوده.

* اندازه گیری مستقیم ترکیب شیمیایی و نسبت های ایزوتوپی اتمسفر مریخ امکان مقایسه ی اتمسفر ایـن سیاره را با اتمسفر زمین میسر می سازد. نسبت ایزوتوپی کربن و اکسیژن اتمسفر مریخ مشابه همین نسـبت ها در اتمسفر زمین است.

* فراونی نسبی گازهای نادر در مریخ به فراوانی نسـبی آنهـا در زمـین و شـخانه هـای معمـولی کنـدریتی شباهت دارد.

* اتمسفر زهره عمدتاً از دی اکسید کربن تشکیل شده است و ۱۰ تا ۱۰۰ مرتبه از اتمسفر زمین متراکم تر است. اتمسفر زهره و زمین نشان می دهد که این دو سیاره از نظر عناصر فرار احتمالاً تاریخچه شیمیایی مشابه ای داشته اند.

* فعالیت های آذرین باعث افزوده شدن بخار آب و دی اکسیدکربن به اتمسفر می شود. فعالیت های آذرین ظاهراً منبع جایگزین کننده ی CO_2 بدام افتاده در کانیهای کربناته و همچنین کربن آزاد تولید شده طی زمان زمین شناسی است.

* مقدار ازت سنگهای آذرین دارای ترکیب متفاوت از الترابازیک تا اسیدی بطور قابل ملاحضه‌ای ثابت است.

* اگر از مقدار کربن آلی فسیل شده در سنگهای رسوبی اطلاع داشته باشیم مقدار کل اکسیژن آزاد شده بوسیله عمل فتوسنتز را می توان محاسبه کرد.

* در رسوبات قدیمی به دلیل کمبود اکسیژن شواهدی حاکی از حضور ترکیبات اورانیوم، گوگرد، منگنز و آهن در حالت احیاء هستیم. در برخی از رسوبات آفریقای جنوبی که سنی بیش از ۱٫۸ میلیارد سال پیش دارند یورانینیت و پیریت با منشاء آواری دیده شده است.

* هنگامی که مقدار اکسیژن به یک درصد سطح فعلی آن رسید ارگانیزم های در حال گسترش توانستند مکانیزم حیاتی خود را از تخمیر به تنفس تغییر دهند. این تغییر را نقطه‌ی **پاستور** می گویند.

* حضور کلسیت و دولومیت در رسوبات اولیه بیشتر نمایانگر محیطی خنثی است تا یک محیط احیاء کننده غنی در هیدروژن، زیرا ترکیب اصلی کربن دار در محیط احیاء کننده بجای CO_2، CH_4 خواهد بود.

* مقدار آرگون زمین در مقایسه با سایر گازهای نجیب به طور غیر عادی بالا است. دلیل این امر تولید ^{40}Ar از طریق واپاشی رادیواکتیو ^{40}K طی زمان زمین شناسی است.

* خارج شدن اکسیژن از اتمسفر در هر جا که فرآیند هوازدگی رخ دهد قابل مشاهده است، آهن فرو در بیشتر شرایط سطحی به آسانی به آهن فریک اکسید می‌شود. در سنگهای آذرین مقدار FeO بیشتر از Fe_2O_3 است در حالی که در سنگهای رسوبی عکس می باشد.

* فرآیند های معدنی از طریق نهشت کلسیت و دولومیت تعدیل کننده میزان دی اکسید کربن و فرآیندهای آلی و معدنی تعدیل کننده میزان ازت اتمسفر می باشند.

* خارج شدن گازها از طریق فرار از زمین یا هر سیاره ی دیگر بستگی به قدرت میدان گرانشی آن سیاره و میانگین مربع سرعت ملکولهای گاز دارد.

* شروع دوره یخساری ناشی از پدید آمدن تغییرات جزئی در کاهش دی اکسیدکربن در اتمسفر بوده است.

* تکامل آلی سریع در دوره‌هایی که میزان دی اکسید کربن در اتمسفر بالا بوده تطابق نشان می‌دهد. همچنین این دوره با فعالیتهای کوهزایی جهانی همزمان بوده است.

* هیدروسفر مهمترین تعدیل کننده دی اکسید کربن اتمسفر می باشد.

هیدروسفر:

هیدروسفر قشری ناپیوسته از آب شیرین، شور و جامد در سطح زمین است؛ که از آب اقیاونوسها، دریا ها، دریاچه ها، آب رودها، آبهای زیر زمینی و برف و یخ تشکیل شده است. آب دریا به عنوان میانگین ترکیب هیدروسفر به حساب می آید.

* فراوانترین آنیون ها در آب دریا به ترتیب شامل کلریدها، سولفات ها و کربنات ها می باشد و فراوانترین کاتیون ها شامل سدیم، منیزیوم، کلسیم و پتاسیم می باشد.

* میانگین شوری دریاهای آزاد حدود ۳۵ در هزار می باشد.

* مواد محلول در آب دریا به روش های غیر مستقیم و بر مبنای ضریب کلریته تعیین می شود.

* کلسیم، سیلیس، فسفر و نیترات در آبهای سطحی توسط جانداران مصرف می شود؛ بنابراین با افزایش عمق مقدار این عناصر افزایش می یابد.

* گازهای محلول در آب دریا شامل دی اکسید کربن، گاز H_2S، اکسیژن و نیتروژن می باشد.

* فراوانترین آنیون ها در آب رودخانه ها شامل بی کربنات، سولفات و کلرید ها و فراوانترین کاتیون ها شامل کلسیم، سدیم و پتاسیم است.

* غلظت کربنات کلسیم و منیزیوم با افزایش شوری آب بالا می رود اما شوری های بـالا در نتیجـه افـزایش یونهای سدیم، سولفات و کلرید ناشی می شود.

* آبهای زیر زمینی از نظر مقدار و ترکیب شیمیایی منبع با ثبات تری را در مقایسه با رواناب که در برخی از سیستم های رود ممکن است تحت تاثیر رقیق شدگی قرار گیرد تشکیل می دهد.

* PH رودخانه ها از کمتر از ۴ در رود های استوایی که مقدار زیادی سیلیس و اسید آلی حل شـده دارنـد شروع شده و به بیشتر از ۹ هم می رسد.

* آب دریاچه ها معمولاً شبیه به آب رودخانه های تغذیه کننده آنها است.

* جذب سطحی و تبادلات پایه از واکنش هایی است که تعادل مواد حل شده در دریا را بر هم می زند.

* زمان اقامت هر عنصر، مقدار کل آن عنصر به صورت محلول در اقیانوس، تقسیم بـر مقـدار وارد شـده بـه وسیله ی رودخانه ها در هرسال است. سدیم دارای طولانی ترین زمان اقامت در آب دریـا اسـت ایـن مـدت اقامت طولانی منعکس کننده واکنش گر نبودن سدیم در آب دریا است. زمان اقامت K, Ca, Mg کـه بـه فراوانی در آب دریا وجود دارند بین یک تا ده میلیون سال است. Mn دارای کوتاه ترین زمان اقامت (۱۴۰۰ ساله) در آب اقیانوس می باشد. همچنین Si و Al نیز دارای کوتاهترین زمانهای اقامت در آب اقیانوس مـی باشند. همچنین ایزوتوپهای رادیواکتیو Sr و Cs نسبت به نیمه عمر خود دارای مدت زمان اقامـت طـولانی هستند.

* آب دریا نسبت به تمام یونها تا حد زیادی غیر اشباع است به استثناء Ba, La, Th.

* جذب سطحی، رسوبگذاری ترکیبات نامحلول، رسوبگذاری بوسیله یون سولفید و خارج شدن بوسیله عمل متابولیک جانداران مکانیزمهای اصلی خارج شدن عناصر از آب دریا محسوب می شوند.

* خارج شدن عناصر محلول توسط مواد جامد از محیط را هالمیرولیز می گویند. نمونه جالبی از هالمیرولیز تجمع مواد رادیواکتیو در لایه های بالایی رسوبات عمیق دریایی است. هالمیرولیز در تعیـین سـن لایـه هـا کاربرد دارد.

* مقدار Th همراه با افزایش سن رسوبات کاهش می یابد.

* مقدار Se و As در آب دریا بسیار پایین می باشد.

* اقیانوس ها بصورت سیستمهای بافر عمل کرده و توانایی جمع کردن اسیدها و بازها بدون ایجاد تغییرات عمده در PH را دارند.

* قدیمی ترین آثار رسوبی مربوط به ۳٫۵ میلیارد سال پیش است که این امر ایده ی اقیانوس یکنواخت را تایید می کند.

* فرضیه (حجم ثابت – کلرید آتشفشانی) بیانگر این است که آب از تقطیر یک اتمسفر اولیه تولید شده و کلرید طی زمان زمین شناسی به آن افزوده شده است.

* فرضیه (حجم ثابت – کلرید ثابت) بیانگر این است که کلرید و آب هر دو از تقطیر اتمسفر اولیه هستند.

* فرضیه (اقیانوس آتشفشانی- کلرید آتشفشانی) بیانگر این است که اجزای تشکیل دهنده آب دریا به تدریج ظاهر شده است.

* فرضیه (اقیانوس آتشفشانی- کلرید ثابت) بیانگر این است که کلرید به صورت کلرید فلزی در سطح زمین حضور داشته و آب بتدریج طی زمان زمین شناسی از طریق فعالیت آتشفشانی افزوده شده است.

* سیستم کربنات در مقیاسی کوتاه مدت و سیستم سیلیکاتی در مقیاسی بلند مدت در تبادل یونی در آب اقیانوس ها نقش داشته اند.

بیوسفر:

ژئوشیمی آلی بیشتر به حرکت عناصر و کنترل این حرکت به وسیله موجودات زنده مربوط می شود.

*بیوسفر بعد از هیدروسفر و لیتوسفر تشکیل گردید

* حیات بر روی زمین ۳ میلیارد سال پیش و اولین گیاهان فتوسنتز کننده در ۱,۸ تا ۲ میلیارد سال پیش به وجود آمده اند.

* حیات دارای یک مشخصه مادی مشترک یعنی حضور ملکول های پروتئین و یک فرآیند فیزیکوشیمیایی مشترک یعنی تشکیل گام به گام مواد آلی است که عملاً به صورت هم دما صورت گرفته است.

* سیستم های غیر هوازی انرژی مورد نیاز خود را از طریق احیای سولفات به سولفید و همچنین احیای آهن بدست می آورند.

* وزن هیدروسفر بیشتر از اتمسفر و بیوسفر است. کمترین وزن برای بیوسفر است.

* عناصر انرژی شامل C, O, H, N می باشد و عناصر تغذیه ای شامل P, Ca, Mg, K, S, Na, Cl, است که Na برای حیوانات جنبه اساسی دارد اما برای گیاهان فاقد ارزش است.

* عناصری که دارای پتانسیل یونی کم که کاتیون های محلول تشکیل می دهند و همچنین عناصر دارای پتانسیل یونی بالا که آنیون های محلول تشکیل می دهند به آسانی توسط گیاهان جذب می شوند. عناصر دارای پتانسیل یونی متوسط که هیدرولیزات نامحلول را می سازند در دسترس گیاهان نبوده و در متابولیسم آنها هیچ نقشی ندارند.

* پی جویی های بیوژئوشیمیایی بر مبنای تجمع عناصر نادر در گیاهان قرار گرفته است.

* چرت واژه ای است که عموماً به مواد رسوبی سیلیسی غیر آواری اطلاق می شود.

* رخداد گوگرد در رسوبات دریایی منشاء باکتریایی دارد.

* احیاء شدن باکتریایی سولفات به سولفید باعث به وجود آمدن نسبت بالاتری از S^{34} به S^{32} می شود.

* زغال سنگ از بقایای گیاهان خشکی بویژه سلولز و لیگنین حاصل می شود.

* لیگنین ماده اصلی زغال سنگ می باشد.

* زغالسنگ های های پالئوزوئیک عموماً رده بالا و زغالسنگ های ترشیاری رده پایین است.

* فشار و دمای افزوده شده در نتیجه تدفین به قانون هیلیت معروف است. بر طبق این قانون در یک سری لایه زغال سنگی همراه با افزایش عمق مقدار کربن نیز افزایش یافته و مواد فرار کاهش می یابد.

* علت اصلی افزایش رده زغال سنگی عمق تدفین است.

* گذر چوب به آنتراسیت اصولاً با افزایش مقدار کربن و کاهش اکسیژن و هیدروژن همراه است.

* درجه آروماتیکی شدن با افزایش رده ی زغال سنگ شدگی افزایش می یابد

* کاهش سریع هیدروژن در گذر از زغال سنگ بیتومن به آنتراسیت بازتاب خارج شدن متان در این مرحله از دگرگونی است.

* ترکیب زغال سنگ نشانگر فوق العاده حساسی از درجه‌ی دگرسانی است.

* ترکیب شیمیایی نفت راهنمای مهمی در رابطه با منشاء آن ارائه می کند.

* پارافین ها پایدارترین هیدروکربن ها در دماهای پایین هستند.

* نفت حاصل از چینه های قدیمی تر دارای هیدروکربن های پارافینی و مواد فرار بیشتری هستند تا نفت تشکیلات جوانتر

* ساپروپل ماده اصلی به وجود آورنده نفت هستند. پروفیرین ها در محدوده دمایی ۲۰۰ درجه سانتیگراد از بین می روند؛ بنابراین برای تشکیل نفت دما هرگز بالاتر از ۲۰۰ درجه سانتیگراد نرفته است.

* اگر درصد کربن زغال سنگ از ۷۰٪ زیاد تر شود دیگر نفتی وجود نخواهد داشت.

* تشکیل نفت در محیط اسیدی و احیایی صورت می گیرد.

* زغال سنگ و نفت در مقایسه با میانگین ترکیب شیمیایی پوسته زمین به شدت در کربن و هیدروژن و گاهی اوقات در ازت و گوگرد غنی شده اند.

* عناصر موجود در خاکستر زغال سنگ از شعاع های کم، متوسط تا زیاد را در بر می‌گیرد.

* عناصر نادر در زغال سنگ های کم خاکستر در بیشترین حد خود بوده و در زغال سنگ های پر خاکستر در کمترین حد خود می باشد.

* هوموس قابلیت جذب کاتیون های محلول مانند اورانیوم را دارد.

* نفت (آسفالتیت و بیتومن) در مقایسه با زغال سنگ ها از نظر غلظت عناصر نادر بسیار ویژه عمل می کنند. V میل ترکیبی شدیدی در نفت دارد و در خاکستر نفت بیش از ۷۰٪ وانادیوم وجود دارد.

* وانادیوم، نیکل و مولیبدن از عناصر نادر موجود در نفت می باشد.

* گیاهان خشکی در مقایسه با ارگانیزم های دریایی غنی شدگی بیشتری در ^{12}C از خود بروز می دهند.

دگرگونی:

دگرگونی نتیجه تغییرات قابل توجه دما، فشار و محیط شیمیایی به سنگ می باشد.

* دگرسانی تورب به آنتراسیت و گرافیت اساساً یک فرآیند دگرگونی است.

* سه عامل حرارت، فشار و سیالات شیمیایی فعال نیروهای پیش ران دگرگونی می باشند.

* عمل سیالات فعال شیمیایی (آب) مهمترین عامل در دگرگونی است.

* منشاء رسوبی سنگهای دگرگونی با توجه با مقادیر بالای آلومین، سیلیس، $K_2O>Na_2O$ مشخص می‌شود.

* فرآیندهای دگرگونی می‌توانند بودن حضور آب نیز رخ دهند اما حضور آب سرعت واکنشها را به شدت افرایش داده و حداقل دمای مورد نیاز را کاهش می دهد.

* از بین تکتوسیلیکاتهای رایج کوارتز در سنگهای غنی از سیلیس عملاً در تمام محدوده‌ی شرایط دگرگونی حضور دارد.

* آلبیت، پاراگونیت، ژادئیت، گلوکوفان کانیهای اصلی حمل کننده سدیم در سنگهای دگرگونی می باشند.

* فلدسپار پتاسیم در سنگهای دگرگونی بصورت میکروکلین دیده می شود تا ارتوکلاز، زیرا شرایط دگرگونی معمولاً مناسب تبلور انواع منظم فلدسپار پتاسیم است.

* سیلیکات آلومنیوم و کلسیم رایج در سنگهای دگرگونی زئوزیت و اپیدوت می باشد.

* ترکیب پلاژیوکلازها نشانگر حساسی از درجه‌ی دگرگونی است. بدین ترتیب که در سنگهای دارای کمترین درجه‌ی دگرگونی، کانی پلاژیوکلاز آلبیت خالص است و با افزایش دگرگونی مقدار کلسیم آن افزایش پیدا می کند.

* حضور آمفیبول ها معرف دگرگونی دمای پایین تا متوسط می باشد و حضور پیروکسنها معرف سنگهای دگرگونی دمای بالا است

* آندالوزیت مشخص کننده سنگهایی است که دچار دگرگونی گرمایی شده اند؛ و سیلمانیت در سنگهای دگرگونی درجه بالا توزیعی گسترده دارد.

* کانی مولیت شباهت زیادی به سیلمانیت دارد ولی دارای ترکیسب شیمیایی کمی متفاوت است.

گارنت منگنز دار اسپسارتین معرف دگرگونی درجه پایین، گارنت نوع آلماندین معرف درجات نسبتاً بالای دگرگونی و گارنت نوع پیروپ معرف دگرگونی درجه بالا است.

* آندرادیت گارنت شاخص کانسارهای اسکارنی است که به صورت متاسوماتیسمی در سنگهای آهکی ایجاد می شود.

* همبستگی مشخصی بین نوع کوردینانسیون آلومنیوم و درجه دگرگونی وجود دارد. به طور کلی افزایش دما باعث می شود که کوردینانسیون آلومنیوم چهار شود در حالیکه در سنگهای رسوبی و دگرگونی درجه پایین عدد کوردینانسیون آلومنیوم شش است.

* بسیاری از کانسارهای آهن در رخساره پیروکسن هورنفلس تشکیل می شوند.

* نسبت آهن فرو به فریک با افزایش دمای دگرگونی کاهش می یابد.

* هماتیت و مگنتیت تشکیل دهنده های رایج در سنگهای دگرگونی هستند در حالیکه ووستیت و آهن آزاد چنین نیستند.

* در دگرگونی گرایش به سمت تبدیل مواد سنگ به مجموعه ای است که در آن شرایط دارای کمترین مقدار انرژی آزاد باشند.

* نرخ واکنش در سنگهای دگرگونی به انرژی اکتیواسیون بستگی دارد که به ازای افزایش دما مقدار آن افزایش می یابد.

* فشار جهت دار انرژی اکتیواسیون را کاهش می دهد.

* سنگهای دانه ریز در مقابل دگرگونی خیلی سریع عکس العمل از خود نشان می دهند؛ زیرا سطح تماس آنها نسبت به سنگ های درشت دانه برای تاثیر سیال متاسوماتیسم کننده بیشتر می باشد.

* سنگهای هر رخساره دگرگونی، سنگهایی است که در یک حوضه مشخص از دما و فشار تشکیل شده اند.

* کانیهای کوارتز، کلسیت و آلبیت در طیف گسترده ای از شرایط دگرگونی پایدار بوده و می توانند در چندین رخساره دگرگونی دیده شوند.

* تبدیل آنتراسیت به گرافیت در سنگهای دگرگونی معادل رخساره شیست سبز است.

* سنگهای رخساره گرانولیت فاقد کانیهای حاوی گروه هیدروکسیل می باشند و بطور قابل ملاحضه ای خشک می باشند. اصولاً با پیشرفت دگرگونی آب کانیهای آبدار خارج می شود.

* دگرگونی فزآینده رخساره آمفیبولیت می تواند منجر به تولید ماگما (در صورت وجود آب) یا تبلور مجدد رخساره گرانولیتی می شود.

* رخساره اکلوژیت و شیست های گلوکوفان دار در شرایط غیر عادی پرفشار تشکیل شده که مشخصه کانیایی آنها حضور گارنت، ژادئیت و لاوسونیت می باشد.

* رخساره سانیدینیت در حرارتهای بالاتر از رخساره پیروکسن هورنفلس تشکیل می شود که کانیهای مولیت و سانیدین شاخصه آن می باشد.

* زوج کانیهای هیپرستن-دیوپسید یک مخلوط کانیایی حساس برای رخساره پیروکسن هورنفلس می باشد. این زوج کانیایی رخساره پیروکسن هورنفلس را از رخساره سانیدینیت جدا می کند.

* رخساره پیروکسن هورنفلس با رخساره گرانولیت وجه اشتراک دارد.

* رخساره اکلوژیت از روی حضور پیروکسن های نوع اُمفاسیت و گارنت دارای پیروپ بالا مشخص می شود.

* گلوکوفان و لاوسونیت معادل های پر فشار پلاژیوکلاز و کلریت به حساب می آیند.

* الماس، پیروپ، پیروکسن های Al دار و اکلوژیت بارومترهای زمین شناسی می باشند.

* ظهور بیوتیت نشانگر مهمی در بسیاری از مناطق دارای دگرگونی پیشرونده می باشند.

* با افزایش دگرگونی مقدار آلومنیوم در هورنبلند ها و پیروکسن ها افزایش می یابد.

* غلضت اکثر عناصر در دگرگونی ثابت باقی می ماند. تنها تغییر قابل تشخیص در عناصر جزئی، کاهش اندک نیکل و مس و افزایش محسوس لیتیم و سرب می باشد.

* ونیت نوعی میگماتیت دگرگونی می باشد که کانیهای اصلی آن کوارتز و فلدسپار می باشد.

* آرتریت نوعی میگماتیت آذرین است که کانیهای اصلی آن کوارتز و فلدسپار می باشد.

* مفید ترین مطالعات انجام شده در مورد توزیع فشار و دما در سیستمهای دگرگونی ظاهراً به ایزوتوپهای اکسیژن بر می گردد.

* توزیع عناصر جزئی در سنگهای دگرگونی به قانون شرکت پذیری نرنست مربوط می شود.

* سنگهای الترامافیک مخصوص متاسوماتیسم زیادی از خود بروز می دهند. تبدیل این سنگها به سرپانتین رایج ترین نوع دگرسانی است.

* متاسوماتیسم واکنشی است که در آن تغییرات حجم ایجاد نمی‌شود یعنی حجم به حجم صورت می‌گیرد.

چرخه ژئوشیمیایی:

* ژئوشیمیست ها اساساً با پوسته زمین سر و کار دارند.

* زمین متشکل از هسته ای آهنی –نیکلی، جبه ای عمدتاً متشکل از سیلیکات منیزیوم-آهن و پوسته ای که اکسیژن، سیلیسیم، آلومنیوم، آهن، کلسیم، منیزیوم، سدیم و پتاسیم می باشد.

* زمین به خاطر جدایش مواد آن به صورت قشرهایی با چگالی های مختلف ساختار لایه ای دارد گلدشمیت این پدیده را تفریق اولیه ژئوشیمیایی نامید. این تفریق حاصل عملکرد گرانش بر روی سیستمی است که اجزای اصلی آنرا Fe, O, Mg, Si تشکیل می دادند.

* توزیع عناصر بین هسته فلزی و جبه سیلیکاتی به وسیله پتانسیل اکسیداسیون نسبت به آهن کنترل می شود.

* سرنوشت هر عنصر در تفریق ژئوشیمیایی اولیه در واقع بازتاب تعداد و آرایش الکترونی اربیتالهای آن است. عناصری که یونی با ساختار گاز نجیب تشکیل می دهند وارد فاز سیلیکاتی شده و عناصر واسطه در هسته فلزی یا در فاز سولفیدی جمع می شوند.

* سرنوشت هر عنصر طی تبلور ماگمایی عمدتاً تابعی از اندازه یونی آن عنصر است؛ و یک عنصر وارد شبکه کانی هایی می شود که بیشترین کاهش انرژی آزاد را به همراه داشته باشد. گلدشمیت توزیع عناصر بوسیله شعاع یونی را تفریقی ثانویه ژئوشیمیایی نامید.

* فرآیندهای رسوبگذاری عاملی برای تفریق ژئوشیمایی بیشتر و دگرگونی این تفریق را کاهش می دهد.

* تفریق ژئوشیمیایی در ضمن رسوبگذاری عمدتاً تحت تاثیر روابط متقابل شعاع و بار یونی قرار دارد.

* پدید آورنده اتمسفری با ترکیب امروزی فتوسنتز بوده و تعادل مواد حل شده در اقیانوس تابع حیات آلی موجود در آن می باشد.

* فراوانی نسبی عناصر از روی پایداری ایزوتوپ های پایدار تعیین می شود.

* زمین از لحاظ ترکیبات فرار به ظاهر فقیرتر از کیهان می باشند.

* فراوانی مطلق عناصر از روی ساختار هسته ای آن تعیین می شود.

* چرخه ژئوشیمیایی در لیتوسفر با تبلور اولیه ماگما شروع می شود.

* تغییرات دیرپا شامل تغییر در ترکیب شیمیایی، جرم و ترکیب ایزوتوپی قاره ها می باشد.

* سنگهای آندزیتی به ترکیب کلی پوسته قاره ای بالایی نزدیک می باشد.

* بیشترین مسائل آلودگی ناشی از افزایش کند مواد به اتمسفر و هیدروسفر است.

* ۹۰٪ آلودگی هوا از مونواکسید کربن، اکسید های ازت، هیدروکربن ها، اکسیدهای گوگرد و ذرات معلق می باشد. خطر ذرات معلق ۱۰۰ برابر منواکسید کربن است

* مهمترین مواد آلوده کننده آب از نظر ژئوشیمیایی شامل فضولات مصرف کننده اکسیژن، کودهای شیمیایی، ترکیبات آلی، ترکیبات معدنی می باشند.

* یوتریفیکیشن در اثر افزایش رشد سریع گیاهان در آب و تجمع بیش از حد آنها و مصرف اکسیژن ایجاد می شود.

* نیاز بیولوژیکی اکسیژن (BOD) یکی از مقیاس های رایج تجمع مواد زاید در آب است.

* فسفر عنصری است که یوتریفیکیشن را افزایش می دهد.

* قانون دوم ترمودینامیک تمام کیهان را به صورت سیستمی در نظر می گیرد که دچار کاهشی خود انگیز در انرژی آزاد و افزایش آنتروپی شده است.

* وظیفه اصلی انرژی کینتیک چرخش زمین حفظ شکل زمین در مقابل تمام نیروهایی است که میل به تغییر شکل آن دارند.

* تجمع عناصر رادیواکتیو در سنگهای غنی از سیلیس پوسته قاره ای صورت می گیرد.

* بخش بزرگی از گرمای اولیه تاریخ زمین از واپاشی ایزوتوپ ^{40}K تامین شده است.

* دمای درون پوسته و جبه به طور متوسط پایین تر از نقطه ذوب مواد موجود در هر عمق خاص است.

* واکنش های شیمیایی همراه هوازدگی خودانگیز بوده و برگشت ناپذیر می باشد.

❋ تنها واکنش خود انگیز در سطح زمین فتوسنتز می باشد.

❋ بخش اعظم انرژی چرخه ی ژئوشیمیایی از واپاشی عناصر رادیواکتیو تامین می شود.

موفق باشید